

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP

Alessandro Mancio de Camargo

Modos de troca cognitiva no agrossistema digital

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

São Paulo
2018

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP

Alessandro Mancio de Camargo

Modos de troca cognitiva no agrossistema digital

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

Tese apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo como exigência parcial para obtenção do título de Doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (área de concentração: Processos Cognitivos e Ambientes Digitais) sob a orientação da Professora Doutora Maria Lucia Santaella Braga.

São Paulo
2018

Ficha catalográfica

CAMARGO, Alessandro Mancio de
Modos de troca cognitiva no agrossistema digital. /
Alessandro Mancio de Camargo. – São Paulo, 2018.
185 f.

Orientador: Profa. Dra. Maria Lucia Santaella Braga.
Tese (Doutorado em Tecnologias da Inteligência e
Design Digital) – Pontifícia Universidade Católica de São
Paulo/PUC-SP, Programa de Estudos Pós-graduados em
Tecnologias da Inteligência e Design Digital – TIDD, 2018.

Área de concentração: Processos cognitivos e
ambientes digitais.

1. Extensão Rural. 2. Linguagem. 3. Empresa
Emergente de Tecnologia Agropecuária. 4. Transferência
tecnológica. 5. Agricultura 4.0. I. SANTAELLA, Lucia. II.
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo/PUC-SP,
Programa de Estudos Pós-graduados em Tecnologias da
Inteligência e Design Digital – TIDD. III. Modos de troca
cognitiva no agrossistema digital.

CDD

Fonte: Elaborada pelo autor.

Banca Examinadora

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, conforme processo número 88887.150039/2017-00.

*Não há morte mais miserável
do que a morte por fome.*

*Euríloco**

* HOMERO (séc. VIII a.C.). *Odisséia*. São Paulo: Objetivo, 1998.

RESUMO

CAMARGO, Alessandro Mancio de. *Modos de troca cognitiva no agrossistema digital*.

A atividade agrícola tira proveito da emergência de diversas novas tecnologias, cujos avanços estruturais e técnicos expressam-se desde o século passado por meio, por exemplo, dos fertilizantes químicos, dos transgênicos, do código digital, da multimídia, da mobilidade interativa. Particularidades desse processo são discutidas neste trabalho por meio de registros históricos como os da grande aceleração (STEFFEN et al., 2015), uma série de inovações que a partir de 1950 orienta o crescente papel do poder cognitivo e tecnológico em conformar o futuro e já deixa uma marca geológica efetiva no planeta, identificada como Antropoceno. Assim, esta tese recupera a origem rural da grande aceleração e discute como ela se multiplica em tecnologias disruptivas no agrossistema digital como descrito, entre outros, por Massruhá et al. (2014) e Bernardi et al. (2014) que atuam na Embrapa Informática e Embrapa Instrumentação, respectivamente. Para tanto, adota-se como estratégia metodológica a postura tecnográfica de Jansen e Vellema (2011), que leva em conta a integração na agricultura das dimensões técnicas, biofísicas, culturais, econômicas, cognitivas para solução do seguinte problema levantado: De que maneira diversos elementos e dinâmicas (clima, solo, máquinas, agricultores, código digital) têm suas relações e trocas afetadas pela conectividade ubíqua? Entre as respostas apresentadas, a conclusão do trabalho indica que o agrossistema digital incentiva e premia lógicas relacionais cada vez mais voltadas ao potencial de explorar o conhecimento rural do que, propriamente, à habilidade de produzir alimentos. Logo, agrossistemas tanto abdutivos-indutivos quanto dedutivos – tais como o intrincado jardim doméstico japonês e a tecnológica agricultura urbana Gotham Greens, por exemplo – devem vincular-se equitativamente a redes plenas, profundas e sinérgicas de entendimento e atendimento do ecossistema, a fim de ampliar a cooperação entre os diversos modos de relações e trocas cognitivas existentes no campo. Isso requer a universalização das habilidades necessárias para integrar-se ao agrossistema digital de modo confiável e transparente.

Palavras-chave: Extensão Rural. Linguagem. Empresa Emergente de Tecnologia Agropecuária. Transferência Tecnológica. Agricultura 4.0.

ABSTRACT

CAMARGO, Alessandro Mancio de. *Modes of cognitive exchange in the digital agrosystem.*

Agricultural activity takes advantage of several new technologies, whose structural and technical advances have been expressed since the last century, for example, through chemical fertilizers, transgenic crops, digital code, multimedia, interactive mobility. This thesis outlines in detail this process through historical records such as those of the great acceleration (STEFFEN et al., 2015), a series of innovations that since 1950 have been driving the growing role of cognitive and technological power in the design of the future and that already leaves an effective geological mark on the planet, identified as Anthropocene. Therefore, this thesis revisits the rural origin of the great acceleration and discusses how it repeatedly presents itself in disruptive technologies in digital agrosystem as described, among others, by Massruhá et al. (2014) and Bernardi et al. (2014) of Embrapa Informática and Embrapa Instrumentação, respectively. This work adopts the technography proposed by Jansen and Vellema (2011), which is a method that balances the technical, biophysical, cultural, economic and cognitive dimensions seen in agriculture, as a methodological strategy to solve the following problem: In what way do several elements and dynamics (climate, soil, machines, farmers, digital code) have their relations and exchanges affected by ubiquitous connectivity? As a conclusion, this thesis shows that the digital agrosystem increasingly encourages and rewards relational logics aimed at the potential of profiting from rural knowledge rather than the ability to produce food. Thus, both abductive-inductive and deductive agrosystems – such as the fuzzy Javanese domestic garden and Gotham Greens technological urban agriculture, for example – must be equitably linked to complete, deep and interactive networks to meet and understand ecosystem needs in order to enhance cooperation between the different modes of relations and cognitive exchanges existing in the field. This requires the universalization of the essential skills that allow integration into digital agrosystem in a reliable and transparent way.

Keywords: Rural Extension. Language. Agtech. Technology Transfer. Agriculture 4.0.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Quadro peirceano de classificação das ciências.....	22
Figura 2 – O que vemos, segundo Dretske.....	38
Figura 3 – Comparação entre as formas de adquirir conhecimento.....	47
Figura 4 – Hierarquia dos agrossistemas.....	59
Figura 5 – Revoluções agrícolas e principais características.....	61
Figura 6 – Indicadores de desempenho do agrossistema.....	99
Figura 7 – Fluxograma do potencial de produção da cultura vegetal.....	110

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
Estado da arte.....	11
Justificativa para realização da pesquisa.....	13
Síntese do trabalho realizado.....	14
CAPÍTULO 1 – ECOSSISTEMA E CONDIÇÃO HUMANA.....	19
1.1 – Abrangência ecossistêmica.....	19
1.2 – Causação eficiente e final.....	22
1.3 – Complexidade, integralidade e cibernética.....	25
1.4 – Teoria Gaia.....	29
1.5 – Formas organizadas de vida.....	32
1.6 – Linguagem e cognição.....	34
1.7 – Mecanismos de coesão social.....	41
1.8 – Mitos e ordens imaginadas.....	43
1.9 – Formas de conhecimento e a multiplicidade de verdades.....	45
1.10 – Viés de confirmação no conflito de posições.....	49
1.11 – Campo de oportunidades.....	51
1.12 – Rede de interesses.....	53
CAPÍTULO 2 – TECNOGRAFIA AGRÍCOLA.....	58
2.1 – Cultura vegetal e a securitização agrícola.....	58
2.2 – Domesticação das plantas e dos animais.....	63
2.3 – Manifestações do Antropoceno.....	68
2.4 – Religião, cultura Shaker e extensão rural.....	75
2.5 – Revolução Verde.....	79
2.6 – Agricultura familiar duplamente verde.....	82
2.7 – Sementes da paixão.....	87
2.8 – Agroecologia.....	90
2.9 – Biotecnologia.....	94
2.10 – Desafios e possibilidades para o agrossistema.....	98

CAPÍTULO 3 – AGROSSISTEMA DIGITAL.....	102
3.1 – Quarta Revolução Agrícola em curso.....	102
3.2 – Informação.....	106
3.3 – Máquinas lógicas.....	111
3.4 – Agentes inteligentes.....	115
3.5 – Big data, inteligência de negócios e computação em nuvem.....	118
3.6 – Novas aplicações e modelos tecnológicos.....	123
3.7 – Internet das coisas - IoT.....	127
3.8 – Poder computacional.....	131
3.9 – Futuro das tecnologias agrícolas.....	138
CAPÍTULO 4 – COGNIÇÃO DISTRIBUÍDA.....	142
4.1 – Competitividade e expulsão ecossistêmica.....	142
4.2 – Dust Bowl.....	147
4.3 – Quarta Revolução Industrial.....	149
4.4 – Culturas consorciadas.....	152
4.5 – Coletivos inteligentes.....	157
4.6 – Manual de operação da Terra.....	164
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	169
Maior cooperação entre os arranjos inteligentes que compõem a linguagem agrícola.....	169
Pesquisas futuras.....	171
REFERÊNCIAS.....	173

INTRODUÇÃO

Esta introdução apresenta o estado da arte dos conhecimentos expressos neste trabalho. Em síntese, trata-se de uma pesquisa qualitativa cujo pano de fundo é o assentamento humano no campo há cerca de 10 mil anos. A partir daí, num movimento de constante inovação, a atividade agrícola ganha escala e, em sintonia com a Revolução Industrial, no século XVIII, passa a tirar proveito da emergência de uma série de novas tecnologias. Esses avanços estruturais e técnicos redundaram, já no século passado, no código digital, na multimídia e na mobilidade interativa. E, no século XXI, a aceleração dessas inovações resulta naquilo que está sendo chamado de a 4ª Revolução Industrial (4RI). Como destaque, em vez do uso da força e da inteligência humana fundamentais nas revoluções anteriores, a 4RI valoriza cada vez mais o volume, a variedade e a velocidade do fluxo das informações por meio de redes tecnológicas inteligentes, como as constituídas pela internet das coisas (IoT). Nesse quadro, o recorte proposto pela pesquisa – a saber: De que maneira diversos elementos e dinâmicas (clima, solo, máquinas, agricultores, código digital) têm suas relações e trocas afetadas pela ubiquidade conectiva? – visa levantar os desdobramentos cognitivos provocados pela cultura digital no agrossistema. Para isso, além da revisão bibliográfica, observou-se de forma participativa e não-participativa as dinâmicas da linguagem agrícola praticada em diferentes situações da micro-história do agrossistema.

Estado da arte

A interação da espécie humana com o ecossistema ocorre tanto no nível da biosfera quanto no nível da noosfera – mais conhecida como sociedade da informação e baseada nas linguagens criadas pelo homem –, que orienta o crescente papel do poder cognitivo e tecnológico para conformar o futuro (SANTAELLA, 2015/2016). A agricultura faz parte dessas linguagens, sendo eficaz para multiplicar alimentos por meio da cultura de plantas e criação de animais que realizam trocas com os fluxos de energia, matéria e informação do sistema terrestre a fim de desenvolver um agrossistema em sintonia com processos biogeoquímicos (CONWAY, 2003).

De forma cooperativa e competitiva entre si, a relação da agricultura com o ecossistema – que abrange os infindáveis vínculos, mediações e trocas entre uma diversidade de elementos (aves, bactérias, florestas, água, rochas) e um emaranhado de reações químicas, biológicas, físicas de um *habitat*, tais como as condições climáticas (LÉVÊQUE, 2001) –, ganhou relevância com o assentamento do homem no campo há cerca de 10 mil a 8 mil anos, conforme revelam tecnofósseis (ZALASIEWICZ et al., 2014; MATTHEWS, 2016). A partir daí a atividade

agrícola permitiu que pequenos grupos e tribos se acomodassem em espaços geográficos delimitados, de forma a favorecer em cada comunidade a comunicação e o comércio entre seus integrantes, constituídos como sistemas sógnicos (VAN DIJK, 2009).

No decorrer dos séculos, a integração espacial e temporal entre esses primeiros assentamentos, por meio do estabelecimento de redes sociais e tecnológicas, adquiriu escala e diversidade. Isso permitiu o surgimento das primeiras vilas e cidades, além de gerar recursos necessários para a emergência da revolução científica (HARARI, 2015). Num processo de grande aceleração e globalização, evidenciado pelo Antropoceno a partir de 1950 (CRUTZEN e STOERMER, 2000; STEFFEN et al., 2015), esse fenômeno já afeta a comunicação, a cognição, a economia, as máquinas, a sociedade e o planeta, em desdobramentos descritos na obra de autores como Haff (2013; 2014), Parikka (2015b), Di Felice (2017) entre outros.

Especialmente a partir do século XX, com o desenvolvimento das Tecnologias de Comunicação e Informação (TIC), a integração entre diversos sistemas sógnicos e objetos tecnológicos ocorre de maneira mais constante por meio de infinitas relações de parte a parte possibilitadas pelo código digital e pela mobilidade conectiva, formando um imenso conjunto de nós interconectados, segundo Castells (2006). Essa rede sociotécnica comum assumiu um caráter rizomático de organização. Ou seja: opera sob um sistema dinâmico que remete a imagem de linhas ou filamentos entrecortados, capazes de se movimentar em todas as direções, ao mesmo tempo que estabelecem infinitas relações e agenciamentos entre si, conforme antecipado pela obra de Gilles Deleuze e de Félix Guattari (2000).

Isso constitui o ecossistema midiático que extrapola no século XXI a relação humana com o conjunto formado por animais, plantas, bactérias, água, solo, vento e abrange, também, o nível cultural e a vinculação de tudo isso por meio de interações sociotécnicas como as criadas pelo advento da Agricultura de Precisão (AP), das Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas ao Agronegócio (AgroTIC) e da internet das coisas (IoT); ou seja, de diversos tipos de linguagens digitais (CAMARGO, 2016a; CAMARGO, 2016b). Em outras palavras, esse novo ecossistema digital constitui uma rede global na qual não haveria externalidade na biosfera ou na condição humana, porque o humano e a tecnologia também são partes da biosfera que os compõem e que, ao mesmo tempo, eles compõem (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012).

Pari passu com essa evolução o agrossistema absorve tanto conhecimentos tácitos e populares quanto religiosos e científicos (LOWENTHAL, 2016). Nesse quadro, o poder de persuasão da tradição oral ainda ocorre nas relações agrícolas (CAMARGO, 2017b). Tal fato já é analisado desde o estudo clássico de Ryan e Gross (1950) na área de extensão rural sobre os fatores que influenciam a adoção de novas tecnologias na agricultura. Mas no século XXI trata-se de uma ampliação da tradição oral com base nas oportunidades criadas para o agrossistema com o advento da *new GRIN revolution* (WATSON, 2010; ASSAD, 2014) – acrônimo de genética, robótica, internet e nanotecnologia – que se integra aos modos de produção preconizados pela 4RI - 4ª Revolução Industrial (SCHWAB, 2017).

Na 4RI, movimento ao qual o agrossistema também está integrado (MASSRUHÁ et al., 2014), a cultura digital passa a se basear cada vez mais em soluções computacionais que valorizam o *big data* e o aprendizado das máquinas em vez de se amparar na força (braçal, mecânica) e na inteligência humana, historicamente preponderantes nas três revoluções anteriores, alicerçadas na invenção da máquina a vapor, no fim do século XVII, seguida pela reorganização do trabalho em massa e do uso abrangente da eletricidade, a partir do fim do século XIX, e pela emergência da TI em meados do século passado (BRYNJOLFSSON e McAFEE, 2014).

Justificativa para realização da pesquisa

O maior emprego das AgroTIC, da IoT, da AP e outras soluções da cultura digital no agrossistema tem apontado para uma mudança de paradigma no campo. Cada vez mais os diversos tipos de dados captados por *softwares* e *hardwares* embarcados em máquinas e implementos agrícolas tendem a determinar aos produtores rurais como realizar da melhor forma o manejo e a comercialização das culturas vegetais (BUNGE, 2014). Mas persistem, entre os agricultores, uma série de dúvidas quanto à adoção dessas novas tecnologias disponibilizadas pelos FTA - Fornecedores de Tecnologia Agrícola (AG DATA, 2017-). Os principais questionamentos feitos pelos agricultores aos FTA são:

- Quem tem o direito de decidir que parte dos dados rurais serão usados nas soluções baseadas em AgroTIC, IoT, AP: o FTA ou o agricultor que comprou o equipamento/tecnologia?
- Quem é proprietário dos dados captados no campo?
- De que maneira as informações e conhecimentos gerados por meio dos dados coletados no campo serão empregados pelos FTA?

- Como faço para colocar uma “proteção” em torno dos dados da minha plantação que não quero compartilhar, para que possa protegê-los para as futuras gerações?
- O que você (FTA) legalmente pode fazer com os dados coletados na minha propriedade?
- O que acontece com meus dados depois de parar de trabalhar com sua empresa?

Assim, ciosos do relacionamento milenar com a terra, os agricultores concluem que há muito valor nos dados rurais que os FTA têm acesso por meio das plataformas digitais utilizadas nos agrossistemas; e não está claro quem deterá o monopólio das informações e conhecimentos gerados após o processamento digital dos dados rurais: se agricultores ou FTA (SBIAGRO, 2017; CAMARGO, 2017b). Outro embaraço é como será feita a transferência e extensão rural dos conhecimentos e habilidades necessárias para usar as novas redes tecnológicas digitais e equipamentos agrícolas com eletrônica embarcada (BERNARDI et. al, 2014). A existência dessa diversidade de questionamentos sobre a implantação do agrossistema digital, somada à transversalidade multidisciplinar que essas questões envolvem, é indicativa de que não há uma resposta pronta para o problema apresentado.

A revisão bibliográfica ainda ressalta que as possibilidades da tecnologia ubíqua (ou pervasiva) para o agrossistema digital não foram avaliadas na totalidade. Exemplarmente no caso da IoT, um campo no qual os efeitos da tecnologia ubíqua são notáveis, a conectividade é um conceito tão abrangente que há um desafio até mesmo para imaginar todas as maneiras possíveis em que a IoT irá afetar as empresas, as economias e a sociedade (MANYIKA et. al, 2013; BRASIL, 2017). Logo, ao lançar luz sobre esse problema, este trabalho visa corroborar numa melhor compreensão quanto às contingências que envolvem as relações e trocas cognitivas afetadas pela ubiquidade conectiva no agrossistema digital.

Síntese do trabalho realizado

Não obstante o trabalho realizado compreender informações obtidas nas diversas obras citadas no decorrer desta introdução e nos próximos capítulos, cujas fontes estão todas organizadas nas Referências da tese, também faz parte do material pesquisado informações e experiências pessoais obtidas por meio de atividades programadas de campo e contato formal com pesquisadores de comprovada seriedade. Merece destaque especial, por exemplo, as atividades de pesquisas subsidiárias que ocorreram no período entre agosto e dezembro de 2016 junto à divisão Informática da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizada na Cidade Universitária da Unicamp (Campinas, SP), com a anuência da orientadora desta tese,

Dra. Lucia Santaella, e do Dr. Carlos Alberto Alves Meira, Chefe Adjunto de Transferência de Tecnologia da Embrapa Informática Agropecuária.

Além de visita às instalações da Embrapa para consultas, como à biblioteca, fizeram parte dessas atividades programadas:

- Reuniões e contatos por e-mail realizados com André Fachini Minitti (Eng. Agrônomo / Transferência de Tecnologia-SPAT / SAC); Dr. Ariovaldo Luchiari Junior (Ph.D. em Agronomia e Solos / Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária); Dra. Junia Rodrigues de Alencar (Ph.D. em Economia / Pesquisadora da área de Transferência de Tecnologia - Setor da Gestão da Prospecção e Avaliação de Tecnologias).
- Participação no evento Internet das Coisas e suas Implicações na Agricultura Digital, realizado na Embrapa Informática Agropecuária em 6 de dezembro de 2016, no âmbito do Observatório de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na Agricultura, vinculado ao Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa – Agropensa.

Além disso, o trabalho realizado contempla conhecimentos obtidos pelo autor durante atividades de cunho jornalístico e editorial realizadas no meio rural (ALIMENTO, 1999-). Esses conhecimentos, deve-se frisar, foram acumulados sistematicamente durante participação em diversos eventos junto a integrantes do agrossistema, como atuação em dias de campo e entrevistas que possibilitaram a realização de observações participativas e não-participativas, cujos dados estão organizados em editorias como as de Ciência & Tecnologia do periódico Alimento Seguro (INPI, 1999-2025). O conteúdo completo desta publicação é disponibilizado aos assinantes da Internet Securities do Brasil, uma empresa do grupo ISI Emerging Markets Group¹, provedor de dados e análises sobre economias emergentes.

Dessa forma, consolida-se aqui neste trabalho uma pesquisa qualitativa desenvolvida pelo método racional abdução-indutivo (SANTAELLA, 2002; CARDOZO, 2018). A coerência das evidências resultantes da observação do *corpus* já descrito também foi testada por meio das noções, dos conceitos e das teorias assimiladas no estudo de conhecimentos socialmente aceitos, tais como os apresentados nas disciplinas ofertadas pelo Programa de Estudos Pós-graduados em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD)².

¹Disponível em: <<https://www.isimarkets.com>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

²Disponível em: <<http://bit.ly/2kTo9Jo>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

As respostas ao problema levantado pela pesquisa, ou seja: os resultados obtidos, estão na maior parte sintetizados nas Considerações Finais da tese e mostraram-se em sintonia com a hipótese apresentada no início da pesquisa, a saber: o agrossistema digital é afetado de forma cooperativa e competitiva pelos diversos processos cognitivos necessários para troca de dados e informações agrícolas, os quais integram tanto dinâmicas e conhecimentos de caráter abduutivo-indutivo quanto dedutivo oriundos dos inúmeros elementos que compõem o ecossistema. Além disso, de forma sucinta, os demais capítulos deste trabalho abordam o seguinte:

- **ECOSSISTEMA E CONDIÇÃO HUMANA:** Este capítulo fundamenta as bases lógicas adotadas pelo trabalho, calcadas num monismo filosófico. Ou seja: condição humana, tecnosfera, ciclos biogeoquímicos estão unidos por fluxos e trocas de informação, matéria e energia. Para isso, este capítulo aborda, entre outros temas: os desdobramentos da moderna semiótica na análise das linguagens e culturas (oral, digital etc.) conforme visto em diversos momentos da obra de Santaella (1999; 2007; 2013; 2015/2016 etc.); uma revisão da Teoria Gaia que discute a origem da Terra (VEIGA, 2012); diferentes paradigmas envolvidos na organização da condição humana — particularidades da ciência da linguagem de Chomsky (2014), os signos natural e intencional de Dretske (2010), a influência dos mitos e outras ordens imaginadas na organização social (CAMPBELL, 1992), como grupos cumprem melhor tarefas de raciocínio do que indivíduos atuando de forma singular (MERCIER e SPERBER, 2011). Apresenta ainda a estratégia metodológica da tecnografia (JANSEN e VELLEMA, 2011), descrita como uma etnografia da tecnologia. Esses e demais temas estão distribuídos em doze subcapítulos — abrangência ecossistêmica; causação eficiente e final; complexidade, integralidade e cibernética; Teoria Gaia; formas organizadas de vida; linguagem e cognição; mecanismos de coesão social; mitos e ordens imaginadas; formas de conhecimento e a multiplicidade de verdades; viés de confirmação no conflito de posições; campo de oportunidades; rede de interesses.

- **TECNOGRAFIA AGRÍCOLA:** Apresenta a primeira parte da base empírica do trabalho, calcada na evolução da tecnologia agrícola até a Revolução Verde, entre 1950 e a virada do século XXI (CONWAY, 2003). Especificamente neste capítulo são discutidos, entre outros temas, a origem da agricultura há cerca de 10 mil anos e o impacto da Revolução Industrial sobre as atividades no campo (ZALASIEWICZ et al., 2014;

STEFFEN et al., 2015; MATTHEWS, 2016). Para apresentar uma visão em perspectiva disso, contrapondo similaridades e diferenças, este capítulo aborda ainda a influência da religião do meio rural (LOWENTHAL, 2016); os desafios em torno da sustentabilidade da agricultura familiar (FAO, 2014); o paradigma da agroecologia (AMORIM, PATINO e ABREU, 2017), exemplificado pela agricultura orgânica (CAMARGO et al. 2000; AZEVEDO, 2012); a controvérsia em torno da introdução dos organismos geneticamente modificados no campo (VEIGA, 2007). Esses e outros tópicos estão distribuídos em dez subcapítulos — cultura vegetal e a securitização agrícola; domesticação das plantas e dos animais; manifestações do Antropoceno; religião, cultura Shaker e extensão rural; Revolução Verde; agricultura familiar duplamente verde; sementes da paixão; agroecologia; biotecnologia; desafios e possibilidades para o agrossistema.

- AGROSSISTEMA DIGITAL: Apresenta a segunda parte da base empírica do trabalho; ou, mais precisamente, o estado da arte das Tecnologias da Informação e da Comunicação na Agricultura (AgroTIC), mais associadas ao setor da informática/software (MASSRUHÁ et al., 2014), e da Agricultura de Precisão (AP), com maior foco no desenvolvimento de maquinário automatizado que possui tecnologia eletrônica embarcada (BERNARDI et al., 2014). Para melhor compreensão disso, discute o funcionamento das máquinas lógicas e agentes inteligentes, por meio do trabalho desenvolvido por Gala (2016) e Nöth, Gazoni e Cestari (2014). Este capítulo ainda utiliza dados públicos do estudo técnico Internet das Coisas: Um plano de Ação para o Brasil, financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e pelo Ministério da Ciência (BRASIL, 2017). As contribuições dessas e outras obras embasam os assuntos discutidos sobre o agrossistema digital e estão distribuídas em nove subcapítulos — Quarta Revolução Agrícola em curso; informação; máquinas lógicas; agentes inteligentes; *big data*, inteligência de negócios e computação em nuvem; novas aplicações e modelos tecnológicos; internet das coisas - IoT; poder computacional; futuro das tecnologias agrícolas.

- COGNIÇÃO DISTRIBUÍDA: Este capítulo discute como os modos de troca cognitiva podem ser distribuídos em grupos de tarefas ou em redes amplas de grupos de tarefas (JANSEN e VELLEMA, 2011), criando uma alternativa interessante para combinar conhecimentos tradicionais aos avanços tecnológicos digitais, como proposto por Nobre (2016). Considera-se, principalmente, como isso pode prevenir uma série de expulsões e

acúmulo de terra e água mortas no campo (SASSEN, 2016), desastres como a *Dust Bowl* (CAMARGO, 2017a) e, também, minimizar o aumento da prática do *hacktivismo* de códigos de *firmware* para burlar contrato de licença de usuário final de equipamentos agrícolas de precisão (KOEBLER, 2017; CAMARGO, 2017b). Para compreender melhor essas questões, aborda-se o potencial das ecologias comunicativas digitais para estabelecer práticas mais equitativas entre as dinâmicas técnicas, informacionais, minerais entre outras (PARIKKA, 2015b; DI FELICE, 2017). E como isso pode auxiliar a cumprir os objetivos da Agenda 2030 (ONU-BR, 2015), que sugere indicadores sustentáveis para o desenvolvimento humano. Esses e outros temas são tratados em seis subcapítulos — competitividade e expulsão ecossistêmica; *Dust Bowl*; Quarta Revolução Industrial; culturas consorciadas; coletivos inteligentes; manual de operação da Terra.

Nas próximas páginas confira a íntegra do trabalho sintetizado nesta introdução.

CAPÍTULO 1

ECOSSISTEMA E CONDIÇÃO HUMANA

Este capítulo descreve a singularidade entre os fluxos de informação, energia e matéria no ecossistema. Igualmente, aborda a complexidade da linguagem que torna a condição humana única e evolui para aperfeiçoar a cooperação e a competitividade entre humanos e não-humanos. Nessa situação, as culturas se desdobram por meio de ordens imaginadas (mitologias, religião, capitalismo, inovações) que não mantêm nenhum compromisso com a proposição de verdades sobre a realidade. Constatação que se alinha a várias hipóteses citadas neste capítulo, como a fraca autonomia individual para tomada de decisões. A fim de estudar os desdobramentos disso na cultura agrícola apresenta-se uma postura tecnográfica, a qual pode ser resumida como o estudo da lógica relacional que se forma entre todos os elementos que compõem a agricultura (solo, água, sementes, clima, humanos). Este arranjo integra tanto fatores biofísicos e locais (conhecimentos populares, religiosos, artísticos) quanto a ciência e a tecnologia agrícola.

1.1 – Abrangência ecossistêmica

Adepto das ideias do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), o biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919) cunhou o termo Ecologia, em 1866, para descrever o ramo da ciência que se dedica aos “estudos das relações” entre os tipos de organismos (vivos e não-vivos) e o mundo exterior (LÉVÊQUE, 2001, p. 13-15). A classificação foi adotada pela comunidade científica e culminou, em 1935, no conceito de ecossistema, desenvolvido pelo botânico inglês Sir Arthur George Tansley (1871-1955) para expressar que a Ecologia constitui um tipo de estrutura rizomática³, ou seja, composta por múltiplas redes de camadas interativas. Com essa configuração “reticular”, os ecossistemas agrupam “em uma relação constante os diversos membros – animais, vegetais e inorgânicos – que compõem uma determinada comunidade” (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 36). Os ecossistemas abrangem também os infindáveis vínculos, mediações e trocas (ou seja: comunicação) entre a diversidade de “seres vivos” (aves, bactérias, florestas) e “o conjunto das características físicas e químicas” de um *habitat*, tais como as condições climáticas (LÉVÊQUE, 2001, p. 21).

³ Estrutura dinâmica, que remete a imagem de linhas ou filamentos entrecortados, capazes de se movimentar em todas as direções, ao mesmo tempo que estabelecem infinitas relações e agenciamentos entre si. Nesse sentido, o termo rizoma é descrito na obra do filósofo francês Gilles Deleuze e de seu conterrâneo Félix Guattari, filósofo e psicanalista (2000).

A abrangência e integralidade dos diversos elementos que compõem o ecossistema afasta a noção de que os humanos operam como agentes independentes nas variadas dimensões do planeta. O ecossistema também não se enquadra numa separação do tipo dualista da realidade, como a defendida pelo cogito cartesiano “penso, logo existo” entre mente e matéria desde meados de 1600 (SANTAELLA, 2004). Exemplifica isso até a limitada influência humana no comportamento da própria tecnosfera – sistema tecnológico representado por estruturas globais em larga escala como “comunicação, transporte, redes financeiras e outras, governos e burocracias, cidades, fábricas, fazendas e uma miríade de outros sistemas ‘construídos’” (HAFF, 2014, p. 127). Diferentemente de sistemas de tamanho similar, como a atmosfera e a biosfera, porém os fluxos particulares de energia, matéria e informação da tecnosfera não têm autonomia suficiente para reciclar seus rejeitos: desperdício de alimento, poluição de dióxido de carbono, desemprego, inflação. Todas essas consequências indesejáveis da tecnosfera que também fogem ao controle humano. O tema será retomado no Capítulo 4.

Da mesma maneira, associar Ecologia a sistemas quasi-conservativos, reversíveis, independentes do tempo não faz sentido. O pensamento ecológico, de fato, está em linha com o resgate do problema da complexidade (VIEIRA, 2015). Um campo antigo e ainda inconclusivo de debates, pensado desde os gregos, como Aristóteles, porém ofuscado pelo pensamento cartesiano e pelo sucesso do modelo mecanicista introduzido pela Física de *Sir* Isaac Newton (1642-1727). A Ecologia é, portanto, um campo de estudos cujas bases seguem sendo configuradas. Embora ainda não haja uma teoria geral de sistemas ecológicos, porém é possível estabelecer algumas aproximações entre a constituição do ecossistema e da realidade como “um sistema de sistemas” formado por múltiplas camadas/redes interativas integradas entre si (LÉVÊQUE, 2001; VIEIRA, 2007, p. 22).

Influenciado pelos avanços científicos nos anos 1930/1940, particularmente no campo da termodinâmica e da economia (do qual empresta termos como eficácia, rendimento, produtividade, consumo), Tansley (1935) destaca no ecossistema a existência de “fluxos” de materiais e “trocas” de energia que envolvem fatores físicos, orgânicos e inorgânicos (apud LÉVÊQUE, 2001, p. 45-46). De forma bastante complexa, essa concepção reticular descreve um “conjunto de elementos e de realidades em contínua comunicação” (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 37). Por conseguinte, o isolamento mental e artificial tanto das partes

quanto do conjunto dos comportamentos que afetam esses ambientes só deve ser admitido como estratégia metodológica para estudá-los.

Nas palavras de Tansley (1935) “são os sistemas formados dessa maneira que [...] representam as unidades básicas à face da Terra” e, se isso não é compreendido, deve-se ao “nosso preconceito humano natural” que nos leva “a considerar os organismos como as partes mais importantes desses sistemas [...] que abrangem o Universo como um todo até a um átomo” (apud LÉVÊQUE, 2001, p. 46). Tendo como ponto de partida essa abordagem, o enfoque sobre o dinamismo das “trocas de energia” entre os elementos que compõem o ecossistema é um arranjo descrito pelo chamado ciclo trófico, “isto é, conjunto reticular de trocas de informações entre os produtores primários, os consumidores, os decompositores e o ambiente em geral” (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 39).

Diante desse campo de reações entre elementos diversos, não se deve esperar do ecossistema “respostas” sobre como resolver as reiteradas situações que impactam negativamente a continuidade dos sistemas bióticos e abióticos na Terra (LÉVÊQUE, 2001, p. 17). Essa incomensurabilidade afeta quem busca solução para o problema no próprio ecossistema, na comunicação científica sobre ele, ou ainda nas estratégias metodológicas criadas para estudá-lo. Consequentemente, não se deve esperar da ciência ecológica soluções práticas e objetivas para problemas político-econômicos como os relacionados à gestão duradoura ou sustentável do ecossistema, que envolvem necessariamente embaraços criados por estruturas sociotécnicas (HAFF, 2014). Do ponto de vista específico do conhecimento, isso pode ser explicado devido ao fato de a Ecologia ser antes de tudo uma “ciência da observação” (LÉVÊQUE, 2001, p. 9). Nesse papel, ela é por natureza multidisciplinar e basicamente voltada a fornecer parâmetros e indicadores que emergem da relação dela com diversas outras disciplinas, tais como “Geologia, Climatologia, Sociologia, Etologia, Astrofísica, Biologia” (VIEIRA, 2015, p. 21). Por outro lado, não se pode ignorar que num processo de “coevolução” a Ecologia forneça princípios para que outras áreas do saber, como a Sociologia, avancem em seus respectivos objetos de pesquisa (LÉVÊQUE, 2001, p. 12).

Para aprofundar e, ao mesmo tempo, amalgamar essas discussões, Vieira (2015) reforça a ideia de que os problemas ecológicos estão relacionados à complexidade. Essa noção é desenvolvida pelo viés da ontologia. Mais precisamente, pela abordagem verificada no encontro da Semiótica peirceana – a ciência geral dos signos, logo dos sistemas de signos, linguagens e

mensagens desenvolvida por Charles Sanders Peirce (1839-1914), fundador da moderna Semiótica – com a Teoria Geral de Sistemas (VIEIRA, 2015). Ontologia identificada com o estudo das coisas, dos objetos, ou seja, o corpo de conhecimentos básicos necessários para pensar o Universo, para filosofar ou especular sobre um alto nível de complexidade.

De acordo com esse enlace entre a Semiótica e a Teoria Geral de Sistemas proposto por Vieira (2015), em vez de um acidente, a condição humana na Terra teria se estabelecido por meio de um processo que, ao favorecer um certo acaso, emergiu em um tempo relativamente curto e antecipou seu surgimento. De outra sorte, isso levaria um período bem maior para acontecer. Tais ideias também estão didaticamente apresentadas no guia de pesquisa Metaciência, desenvolvido por vários colaboradores organizados por Santaella e Vieira (2008). Essa obra indica um corpo de conhecimento necessário para embasar um discurso científico, conforme será apresentado nos próximos tópicos deste capítulo.

1.2 – Causação eficiente e final

Tendo por base o arcabouço teórico apresentado no tópico anterior, de que a Ecologia é uma ciência da observação voltada a fornecer parâmetros e indicadores para outras disciplinas, e levando em conta o quadro peirceano de classificação das ciências (veja Figura 1), o estudo da Ecologia posiciona-se numa faixa intermediária entre o da Matemática e o das chamadas Ciências Especiais, cujas disciplinas dão sustentação às investigações sobre o ecossistema. Assim, a Ecologia acha na Fenomenologia, nas Ciências Normativas e na Metafísica suporte para avançar em pesquisas como as que envolvem as relações entre a biosfera e a tecnosfera.

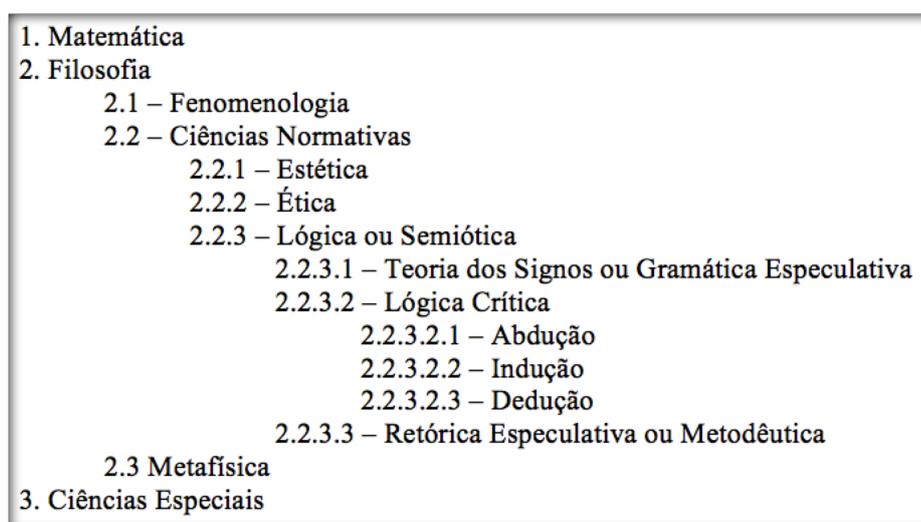


Figura 1 - Reprodução de quadro proposto por Charles Sanders Peirce (1839-1914) para classificação das ciências (apud SANTAELLA e VIEIRA, 2008, p. 104; apud FRANCO e BORGES, 2015, p. 69).

Fenomenologia e Metafísica são responsáveis pela “observação dos fenômenos encontrados na experiência comum” e, respectivamente, por “uma teoria da realidade” peirceana que “pressupõe a lógica dos signos⁴” em todos os seus níveis (primeiridade, secundidade e terceiridade), uma vez que “o universo está permeado de signos” (SANTAELLA e VIEIRA, 2008, p. 105-108). Uma das marcas desse pensamento é a ampliação da noção de signo (ou seja: uma coisa que representa outra coisa, seu objeto, dentro de uma relação triádica). Consequentemente, essa abordagem ainda amplia a noção de linguagem e a própria noção de Semiótica, aqui entendida como a ciência que estuda toda e qualquer linguagem. Especificamente sobre a Metafísica peirceana, destaca-se que ela deve ser praticada com base em fatos “cognoscíveis da realidade” (IBRI, 1992, p. 21).

Santaella (1999; 2007; 2013; 2015/2016) tem reforçado em diversos trabalhos que entre a natureza e a cultura, entre o vivo e o não-vivo, inexistem divisões, exceto em termos de graus de diferença. Nesse sentido, a ubiquidade dos signos estaria imbricada ao seguinte raciocínio, cujos esclarecimentos e desdobramentos serão discutidos na sequência deste parágrafo: “a matéria é mente exaurida”, resultante da acomodação das propaladas “leis físicas” ou hábitos da natureza; analogia que só pode ser compreendida “à luz do amplo conceito peirceano de mente e no contexto de sua teoria da causação final. Essa, por sua vez, só pode ser apropriadamente compreendida à luz da semiose”, ou seja, da ação dos signos (SANTAELLA, 2007, p. 141).

Na formação dos hábitos ou leis físicas da natureza, dois tipos de forças operam de forma não-determinística sobre todos os elementos que compõem a realidade: ação (ou causação) eficiente e final, ambas sujeitas ao acaso ou tiquismo (SANTAELLA, 1999). De forma descontínua, a causação eficiente ocorre na natureza sem ser guiada por um propósito, manifestando-se de forma exemplar como um meteorito que atinge ao acaso um certo tronco de uma árvore. Por sua vez, a causação final representa a continuidade ou desdobramento dos fatos gerados na realidade a partir de uma causação eficiente – ou seja: de um acontecimento vinculante –, num

⁴ Num fluxo contínuo de ações e reações, chamado de semiose, os signos realizam a mediação entre alguma coisa (que pode ser uma qualidade – em nível da primeiridade peirceana ou abdução –; um objeto ou índice de algo – nível da secundidade peirceana ou indução –; ou mesmo outro signo ou hábito – terceiridade peirceana ou dedução –, como um código/software de computação) e os elementos e fenômenos que perturbam a realidade a sua volta. Por meio desse processo triádico, que se estende rumo ao infinito, emergem novos tipos de signos (interpretantes dinâmicos) que dão continuidade a novas cadeias sógnicas, cadeias de diferenças ou informações — os chamados sinais (VIEIRA, 2015).

fluxo de novos desdobramentos e reações relacionados entre si, que remetem ao funcionamento dos signos, tais como: a fumaça e/ou rachadura ocasionada após o impacto de um meteorito numa árvore, que ao gerar ou não uma faísca, pode dar ou não vazão a uma nova sequência de fatos vinculados como a queima da árvore ou até provocar um incêndio florestal.

A forma como todas essas forças operam na natureza pode ser entendida por meio do “*continuum*”, ou sinequismo, conceito que constitui a base da Metafísica peirceana (SANTAELLA, 2007, p. 143). Segundo esse princípio, há uma continuidade entre mente e matéria (mente entendida como a lógica não-determinística que opera de maneira singular numa causação do tipo final, com propósito não-especificado, mas passível tanto de ser notado como exemplificado). Por conseguinte, o sinequismo expressa a espontaneidade com que diversos elementos interagem numa lógica relacional triádica de forma a compor algo (como um incêndio na floresta), demonstrando a continuidade ou fluidez de todas as partes que compõem a realidade. Santaella ressalta que “a Metafísica peirceana está fundada na Semiótica, assim como a compreensão da Semiótica deve estar em sintonia com a Metafísica” (2007, p. 143). Essa lógica relacional pode ser encontrada, sucessivamente, tanto nas leis físicas da natureza quanto na chamada semiosfera, ou seja, a integração com o meio ambiente por meio das linguagens, culturas, mídias, tecnologias (SANTAELLA, 2015).

Observadas nas experiências comuns da realidade, as causações eficientes e finais podem ser equiparadas, portanto, ao primeiro ramo da Semiótica (Gramática Especulativa), que trata da ação do signo (ou semiose) no desenvolvimento de todos os tipos de linguagem, cujo objetivo é investigar as funções dos mais diversos signos, tais como os físicos, “biológicos” etc. (SANTAELLA e VIEIRA, 2008, p. 108). Por extensão, pode-se dizer que a Semiótica, assim como a Metafísica peirceana, também se aplica às forças que atuam no ecossistema. Causação eficiente, final e semiose fazem isso de tal maneira que, no curso no tempo, e com um propósito não-especificado, acabam por estabelecer certas regularidades, hábitos ou leis operantes no ecossistema e nas diversas culturas (agricultura, por exemplo).

Especificamente para explicar a origem do Universo, a cosmogênese peirceana descreve que de “um *continuum* de possibilidades infinitas de qualidades”, compatível com o nível da primeiridade Semiótica, “destacam-se singularidades” – por meio de uma ação eficiente, que ocorre ao acaso, já no âmbito da secundidade peirceana –, às quais “poderão ser amalgamadas em contínuos de dimensionalidade de algum modo definido. Por que se daria tal formação? Não

por outro motivo senão pela tendência eidética de aquisição de hábitos”, da qual a causação final é exemplar; “ela substanciará formas de regularidade geral, que constituem a terceiridade” (IBRI, 1992, p. 85).

Logo, a realidade “surge por um acidente e não por uma lógica necessária. Ao contrário, esta [lógica] se forma no tempo e com o tempo” (IBRI, 1992, p. 89). No curso da temporalidade, a evolução tende a abandonar os velhos hábitos (resultantes do acaso dos encontros entre potencialidades e elementos diversos) e gerar novos hábitos, ou até mesmo leis físicas. Isso ocorre sucessivamente de forma competitiva e cooperativa entre todos os elementos que compõem o ecossistema, por exemplo. Ainda deve-se frisar que o(s) propósito(s) dessa sucessão de acontecimentos ocorre(m) sem ser(em) controlado(s) de maneira determinística pelos elementos presentes/vinculados na origem ou ao longo desse processo.

Nesse “teatro de reações”, como descreve Ibrí (1992, p. 96), configura-se também o que é chamado de pragmatismo peirceano. Geralmente classificado simplistamente como regra utilitária, o pragmatismo é, na matriz Metafísica, descrito como a “relação entre a primeiridade” (potencialidade das coisas, como o acaso), “e a terceiridade (a capacidade das coisas em criar generalizações) com a facticidade existencial da secundidade” (IBRI, 1992, p. 110). Em suma, seria um exemplo do pragmatismo a lógica final de uma ação sempre posta à prova na realidade dura dos fatos ligados à sua ocorrência. Esse encadeamento sucessivo de eventos é equiparável a semiose, e opera tanto nos ecossistemas, por meio das causações eficientes e finais e das leis físicas, quanto na semiosfera, por meio de elaboradas semioses, como os códigos de programação dos computadores, os algoritmos.

1.3 – Complexidade, integralidade e Cibernética

O ponto de vista ontológico adotado pela Teoria Geral de Sistemas possibilita compreender o vínculo existente entre diferentes coisas e objetos, como elementos ecossistêmicos, ciência, artigos científicos e inovações (CAMARGO, 2016a). Esse posicionamento ontológico leva em conta características básicas verificadas em quaisquer sistemas (sígnicos, ecológicos). Apoiado nesses fundamentos é possível observar e estabelecer generalizações relacionadas a diversos campos de estudo. Mas para entender melhor essas relações é preciso conhecer alguns conceitos associados à Teoria Geral de Sistemas. Ela agrupa uma série de conhecimentos inter e transdisciplinares, em constante evolução. O referencial utilizado apoia-se, principalmente, na síntese elaborada por Vieira (2000, 2008, 2015). Segundo esse autor, sistemas são entidades

ontológicas que se comparam a outros por meio de características gerais. Dessa forma, oferecem bases suficientemente amplas para estudar diversos tipos de organizações, tais como as ecológicas (como os corais marinhos) e as culturais (como a agricultura).

Segundo Vieira (2008, p. 32), os parâmetros sistêmicos podem ser classificados entre os do tipo fundamental – aqueles que toda e qualquer estrutura, independentemente dos processos evolutivos, possui – e do tipo evolutivo: “aqueles que surgem ao longo da evolução, com o passar do tempo, podendo estar presentes em um sistema e não em outro, ou ainda, podendo não estar presentes em um determinado sistema, mas podendo vir a emergir neles em algum tempo futuro”. Tendo em vista o propósito deste capítulo (investigar os ecossistemas e a condição humana), é importante conhecer alguns desses parâmetros. Entre os fundamentais citam-se:

- Permanência – grosso modo, responsável pela insistência que todo sistema tem em sobreviver, continuar a atuar.
- Ambiente – tudo aquilo que envolve o sistema, sendo essencial para sua comunicação, por meio de conexões entre seus canais internos e externos.
- Autonomia (equivalente a noção de recursos ecossistêmicos) – refere-se aos estoques indispensáveis para manutenção do sistema, como energia, hábito e crenças. Ou seja: tudo aquilo que é internalizado e processado pelo sistema no decorrer do tempo.

Por sua vez, entre os parâmetros evolutivos que expressam a dimensão temporal/espacial das organizações (composição, conectividade, estrutura, integralidade, funcionalidade, organização e complexidade) é importante reter o significado de três deles; especialmente o dos dois últimos (integralidade e complexidade) descritos a seguir:

- Composição – o conjunto de qualquer coisa que forma o sistema, expressando a qualidade ou diversidade dos elementos que o compõem. Na Terra, Lévêque (2001, p. 119) avalia que a “quantidade de espécies existentes” é de 10^7 , ao passo que o número de “indivíduos” alcança 10^{20} , parâmetro que dá uma ideia da diversidade de interações possíveis entre eles.
- Integralidade – associa-se à rede de relações (ou lógica relacional) que se forma entre os elementos que compõem qualquer tipo de organização existente no ecossistema e/ou na cultura (por exemplo, no setor rural, algo como os arranjos estabelecidos entre semente-terra-água-arado-homem-agricultura para gerar alimentos), de modo que

permita a emergência de uma ou de diversas propriedades coletivas e/ou partilhadas nessa lógica relacional, que determinará as funcionalidades necessárias à permanência e à eficiência do próprio agregado no ecossistema e/ou na cultura.

- Complexidade – um parâmetro livre que perpassa e age sobre todos os demais parâmetros sistêmicos. Para Vieira (2015), esse parâmetro está relacionado à composição, a diversidade de elementos, interações e qualidade das partes que constituem qualquer tipo de rede ou sistema.

Ou seja, vemos como a diversidade acompanha todos os parâmetros sistêmicos, que é típico da complexidade. Mas falar em diversidade é falar em diferença, a raiz objetiva da *informação*. Falar em diferença acarreta a distinção entre *homogeneidade* e *heterogeneidade* [ou continuidade e descontinuidade, características associadas às causalidades finais e eficientes]. Vemos, assim, que o parâmetro livre da *complexidade* se manifesta por crescimento e fluxos de informação, assim como por evolução do conteúdo de entropia do sistema [entropia entendida como desorganização, ou perda de energia, dos elementos que compõem uma organização]. Nesse sentido, os autores que associam entropia e complexidade chegam bem perto da solução do problema, mas ontologicamente o aspecto mais fundamental é o da diversidade (VIEIRA, 2015, p. 101).

No fim dos anos 1960 houve a revalorização de uma série de estudos desenvolvidos no decorrer do século XX por diversos autores sobre sistemas complexos adaptativos e a Cibernética. A Cibernética propôs “uma nova maneira de pensar o humano como um sistema de processamento de informação que apresenta similaridades com qualquer máquina dotada de certa inteligência” (SANTAELLA e FELINTO, 2012, p. 27). Fundamental até para o nascimento das ciências cognitivas, o tipo de processamento descrito pela Cibernética apoia-se basicamente no “tripé: informação, controle e comunicação” (SANTAELLA e FELINTO, 2012, p. 28). Apoiando-se ainda em concepções físicas e matemáticas da natureza, esses trabalhos ajudaram também os ecologistas a compreender como operavam “os mecanismos utilizados nos ecossistemas”, como a auto-organização, que garante a organização interna de um sistema desafiado pela entropia (LÉVÊQUE, 2001, p. 123). Mas vale destacar que o desenvolvimento dessas abordagens, assim como da já discutida Semiótica moderna, iniciou-se há mais de um século por meio do trabalho de pensadores pouco conhecidos, como o engenheiro Lazare Carnot (1753-1823) e o físico alemão Rudolf Clausius (1822-1888), que estabeleceram com outros pesquisadores as bases da termodinâmica, ou seja, estudo das leis que regem as relações entre calor, trabalho e outras formas de energia (CREASE, 2011).

Conforme Santaella e Vieira (2008) e Santaella e Felinto (2012), alguns exemplos de pesquisadores que no século passado se destacaram nessas áreas foram o biólogo Kal Ludwig

von Bertalanffy (1901-1972), o matemático Norbert Wiener (1894-1964) e o biólogo e antropólogo Gregory Bateson (1904-1980). No livro *Teoria Geral dos Sistemas*, publicado originalmente em 1968, Bertalanffy enfatiza a relação entre as redes sistêmicas com o ambiente a sua volta, de forma a potencializar o surgimento de novas propriedades por meio dessa interação – algo correlato ao conceito de integralidade já apresentado neste capítulo. As pesquisas de Wiener foram apresentadas no livro *Cibernética ou Controle e Comunicação em Animais e Máquinas*, publicado em 1948. Com foco no campo da chamada primeira Cibernética, buscavam em máquinas e nos seres vivos equiparações entre os mecanismos de auto-organização dos sistemas abertos para, por exemplo, controlar o comportamento de deslocamento dos mísseis balísticos. Por sua vez, a chamada Cibernética de segunda ordem de Bateson (1972) contempla “o conceito de ‘mente-total’, acomodando, por assim dizer, num mesmo âmbito de relações [informativas], todo o conjunto do ‘vivente’ — sociedade humana, organismos, sistemas biológicos” (apud DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 81).

Para avançar nesta direção, Bateson, biólogo de formação, mas também antropólogo e estudioso dos processos comunicativos, descreveu o “sistema-mente”, que resulta ser uma verdadeira transformação, não apenas na área da Cibernética, mas também na forma de pensar a complexidade a partir de uma forma conectiva e reticular. As práticas comunicativas dos organismos vivos e dos ecossistemas podem ser pensadas como “mentes” capazes de elaborar informações e de desenvolver formas inteligentes de interações dinâmicas e relacionais. O “sistema-mente” para Bateson seria, de fato, uma arquitetura dinâmica complexa que parece se diferenciar da descrição dos sistemas complexos, exatamente pela sua dimensão conectiva [ou seja, pela integralidade dos elementos que o compõem], isto é, baseado com mais clareza numa lógica relacional (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 89).

Influenciado por essas ideias, o período inicial dos anos 1970 foi marcado pelo retorno e fortalecimento do pensamento complexo (SANTAELLA e VIEIRA, 2008). Em destaque, o papel chave dos sistemas abertos e dinâmicas não-lineares, mas principalmente o estabelecimento de uma lógica relacional mais ampla para pensar a ciência em geral. Isso trouxe à tona antigas e novas abordagens filosóficas e científicas, tais como autopoiesis, Teoria do Caos, e a própria “complexidade” (PIRES, 2008, p. 49-52). Nessa etapa, “a auto-organização não mais se limitou à garantia da organização interna de um sistema, mas veio integrar o fenômeno da emergência que passou a ser pensado em consonância com o campo da vida artificial [nos computadores] em ascensão” (SANTAELLA e FELINTO, 2012, p. 28). O conjunto dessas obras contribuiu para o enfraquecimento do mito da “simplicidade” do real (PIRES, 2008, p. 49). A partir do século XXI, a vitalidade desses trabalhos ajuda a ressaltar a não-supremacia do homem sobre o resto dos objetos *a priori*, ensejando, por exemplo, o surgimento do chamado pós-humano (SANTAELLA, 2003).

1.4 – Teoria Gaia

Um marco para os estudos ecológicos pelo o viés da complexidade foi a elaboração, em 1972, da Teoria Gaia, resultado do trabalho conjunto entre o químico e matemático britânico James Ephraim Lovelock (1919-) e a bióloga norte-americana Lynn Margulis (1938-2011). De acordo com essa teoria, as relações entre os seres vivos e o seu *habitat* físico-químico, objeto de observação da Ecologia, ocorrem por meio de processos de retroalimentação (*feedback*). Esses mecanismos “formam um sistema de controle adaptativo, isto é, um sistema cibernético que mantém” a biosfera, a atmosfera, a criosfera, a hidrosfera e a litosfera num estado de homeostase” (CARMO, NUNES-NETO e EL-HANI, 2012, p. 22). Isso quer dizer que a Terra dispõe de uma condição estável favorável devido a diversos ajustes dinâmicos de equilíbrio, que ocorrem de forma integrada, por meio de processos de comunicação e controle do fluxo de informação, matéria e energia.

Essa nova abordagem foi estimulada, por um lado, pelo enorme aporte de conhecimento trazido pela planetologia comparada, que permitiu, por exemplo, formular hipóteses mais fundamentadas sobre a origem e a evolução da nossa atmosfera e dos nossos oceanos. Por outro lado, os geocientistas também foram influenciados pelas ciências do clima, que puseram em evidência a forte inter-relação existente entre atmosfera, oceanos e biosfera, e entre estes e a litosfera. A aplicação da Teoria Geral dos Sistemas à Terra privilegia o todo em relação às partes. Nessa perspectiva, a ciência do sistema Terra vê o planeta como um sistema físico, governado por processos complexos que envolvem interações entre os reservatórios da litosfera (parte mais externa da Terra sólida), hidrosfera (oceanos, rios, lagos), criosfera (geleiras, mar congelado), atmosfera e biosfera. Essas interações, referidas como “ciclos biogeoquímicos”, ocorrem por meio da transferência de material e energia entre os reservatórios. Em consequência, esses sofrem mudanças químicas e físicas, adquirem novas propriedades e evoluem. As escalas temporais envolvidas nos ciclos biogeoquímicos vão de milissegundos a bilhões de anos, e as espaciais, de micrômetros a milhões de quilômetros (OLIVEIRA, 2012, p. 99-100).

Antes da Teoria Gaia, o paradigma nas ciências naturais defendia a noção de que a Terra “era essencialmente passiva, respondendo a forças não-vivas, como erupções vulcânicas, eventos climáticos extremos e continentes à deriva. Como resposta, a vida modificaria o ambiente, por exemplo, pela troca de gases, como na fotossíntese” (OLIVEIRA, 2012, p. 100). Ao confirmar a existência de uma rede diversa agindo entre os organismos (vivos e os não-vivos) e o mundo exterior, a Teoria Gaia atestou cientificamente como o ecossistema é realmente complexo.

Em pesquisas realizadas por Lovelock junto à Nasa (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos da América/EUA), antes da concepção da Teoria Gaia, buscava-se um “denominador comum a qualquer forma de vida”, que possibilitasse evidenciar ou não a sua

existência em outros planetas (REBELO, 2012, p. 140). As conclusões dessas investigações baseavam-se em duas noções fundamentais para entender o universo – “a energia do mundo é constante; a entropia no mundo caminha a um máximo” (CREASE, 2011, p. 97) –, respectivamente a primeira e a segunda lei da termodinâmica. O aumento da entropia, uma medida da desordem de um sistema, tem a ver com o fato de que a troca de energia nunca ocorre de maneira perfeita, havendo sempre uma perda de qualidade naquilo que é trocado com o ambiente. Esse mecanismo se manifesta nos ciclos biogeoquímicos do planeta, por exemplo, por meio de “retroalimentação ‘positiva’ – quando uma entrada de pouca energia (em comparação à quantidade de energia que flui no sistema) tem efeitos amplificados (de alta energia) na saída de produtos ou rejeitos” –, e “na retroalimentação negativa, em que a saída monitorada pelo sistema determina o momento no qual o equilíbrio foi alcançado e o sistema pode (ou deve) ser desligado”, levando-se em conta que para o sistema não agir “de maneira exagerada, o sinal de controle deve ser proporcional à diferença entre a saída e as indicações especificadas” (REBELO, 2012, p. 152-153).

Formas exemplares de retroalimentação positiva e negativa são observadas, respectivamente, nos efeitos do “sistema imune” e nos sistemas do tipo “predador-presa” (REBELO, 2012, p. 154). Os efeitos do sistema imune representam uma forma de defesa na qual células e fatores metabólicos trabalham intensamente juntos, despendendo grande quantidade de energia e rejeitos (fluidos, calor), independentemente de enfrentar uma entrada pequena de patógenos no organismo, com baixa capacidade de ocasionar danos. Por sua vez, os sistemas do tipo predador-presa permitem assumir diversas combinações de equilíbrio em uma população animal submetida a um desafio por meio de mecanismos que monitoram a estabilidade populacional do sistema. Tal como se verifica no rápido decréscimo ou aumento da procriação de coelhos em função do maior ou menor impacto provocado pela predação de raposas.

Ao fazer trocas com o meio ambiente para obter energia e matéria e depositar calor, produtos e rejeitos, os organismos obrigatoriamente modificam esse ambiente. As entradas são consideradas “recursos”. Note que a própria definição de recurso diz que ele “diminui à medida que é consumido”, determinando uma potencial escassez. Em um sistema termodinamicamente aberto como o ecossistema, a disponibilidade de recursos e as especificações do sistema determinam, obrigatoriamente, a produção de rejeitos, e por isso é inevitável que exerçam algum tipo de interferência ou controle sobre ele. Os ecossistemas são regulados por mecanismos de retroalimentação não-teleológicos [sem controle centralizado ou especificação determinada de cima para baixo; como concebido pelo sinequismo peirceano] com muitos subsistemas controladores. Quanto maior é o ecossistema ou a escala pela qual se observa um ecossistema, maior é o número de subsistemas controladores e maior é o número de relações entre eles. Em uma situação como essa, é muito difícil que um subsistema (como uma espécie em uma comunidade) esgote um recurso sem antes excluir uma

outra população ou entrar em conflito (com competição) com outra espécie que divida o mesmo nicho ecológico. A interação de um indivíduo ou de uma espécie com o ambiente é influenciada de forma determinante pela interação de outros indivíduos ou espécies com o ambiente. Como a exaustão de um recurso por uma espécie dificilmente é permitida por outra espécie, e como os produtos e os rejeitos de uma espécie são utilizados como recursos para outra, o ambiente permanece com constante disponibilidade de recursos e espaço para rejeitos, criando, assim, um tipo de ‘homeostase’ do ecossistema (REBELO, 2012, p. 154-155).

O quadro traçado pela Teoria Gaia – de que o fluxo e a troca de energia e matéria na Terra garantem a permanência da vida e, por sua vez, “contribui globalmente para redução das variações do ambiente terrestre e, conseqüentemente, para o favorecimento da perpetuação da própria vida” – é similar ao que foi defendido por Tansley (1935) em seu conceito de “ecossistema” (LÉVÊQUE, 2001, p. 447-448). Desenvolvida cerca de quatro décadas mais tarde, porém a Teoria Gaia dispõe até de um modelo virtual para validar sua hipótese, modelo que ficou conhecido como Mundo das Margaridas. Essa simulação consiste em demonstrar como num planeta habitado por “margaridas brancas e escuras” a temperatura se mantém constante, regulada pela alternância entre o número de indivíduos dos dois grupos de margaridas de cores diferentes em função da capacidade de absorção de energia por parte de cada uma das populações submetidas a determinadas condições — como taxa de luminosidade, calor, refração solar (REBELO, 2012, p. 158).

A esses parâmetros testáveis pelas leis da termodinâmica, levantados pela Teoria Gaia, porém foram incluídos por Lovelock em parte dos seus trabalhos de divulgação a controversa noção de que a Terra, ao manter esses mecanismos de controle e regulação, seria equiparável a um superorganismo “vivo” (CARMO, NUNES-NETO e EL-HANI, 2012, p. 24-25). É importante assinalar isso porque, de fácil assimilação junto ao público e a imprensa, a metáfora da Terra como um ser vivo tanto serviu para popularizar a Teoria Gaia quanto para desacreditá-la junto à parte da comunidade científica avessa à divulgação midiática. Mesmo assim, a visibilidade em torno da Teoria Gaia, a partir dos anos 1970, foi determinante ao fornecer apoio empírico para orientar ao menos 10 trabalhos diferentes de investigações científicas. Devidamente testadas e documentadas, essas pesquisas proporcionaram, entre outros avanços, a demonstração do papel fundamental de microrganismos nos processos de regulação do planeta por meio da “manutenção dos níveis atmosféricos de oxigênio por cianobactérias”, fundamentais para o surgimento de organismos vivos mais complexos, como os mamíferos (CARMO, NUNES-NETO e EL-HANI, 2012, p. 52-54).

Logo, no atual estágio do conhecimento científico não há como confirmar ou desmerecer a Teoria Gaia (VEIGA, 2012). Ilustrativamente, o modelo do Mundo das Margaridas reforça a ideia de que os ecossistemas possuem mecanismos para garantir a autorregulação em termos de temperatura e composição. Fluxos de energia entre organismos, controle de entrada/saída de informação num ecossistema e processos planetários biogeoquímicos garantem, por exemplo, que “mais de um terço de todos os elementos químicos” sejam reciclados, uma vez que os organismos compartilham por meio de suas funções biológicas um mesmo grupo de elementos químicos: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, ou CHONPS conforme o acrônimo em inglês (LÉVÊQUE, 2001, p. 449).

Nesse sentido, a “principal função de um ecossistema é assegurar a perenidade da vida. Trata-se, em particular, de limpar os resíduos resultantes dos precedentes ciclos biológicos e de os converter a uma forma que lhes permita serem reutilizados” (LÉVÊQUE, 2001, p. 126). Isso se sustentaria por meio de um conjunto de trocas de informações (físicas, químicas) entre os diversos elementos ecossistêmicos, estabelecendo-se uma rede de contatos pautados por acontecimentos vinculantes, como explicado pelas causalidades eficientes e finais. Cria-se, assim, uma espécie de campo de forças autorregulado, no qual “a comunicação pode ser simplesmente definida como a transmissão de sinais” – coloridos, elétricos, fluidos, vibratórios – que ocorre entre os elementos constituintes dos ecossistemas aquáticos, animais e vegetais terrestres (LÉVÊQUE, 2001, p. 127-130)

1.5 – Formas organizadas de vida

“A Teoria Gaia não trata de entender as vias pelas quais os organismos vivos mantêm o sistema Terra em constante equilíbrio”, mas como a história do planeta tem o potencial de mudar “para diferentes estados de equilíbrio, favoráveis ou não aos seres humanos e as muitas outras formas de vida, ao longo do tempo” (CARMO, NUNES-NETO e EL-HANI, 2012, p.48-49). Um desses episódios ocorreu entre “3,8 bilhões e 2 bilhões” de anos quando houve a emergência da fotossíntese, conforme indicam evidências geológicas (REBELO, 2012, p. 165). Nesse período, teria havido uma causalidade eficiente (mudança de um estado homeostático da Terra para outro), devido ao aumento desenfreado de cianobactérias aptas a fixar gás carbônico, ozônio atmosférico e, simultaneamente, liberar oxigênio na atmosfera. A partir desse ponto e no curso de centenas de milhões de anos, posteriormente, uma causalidade final (aumento da concentração de oxigênio disponível na atmosfera) passou atuar até atingir e estabilizar-se em níveis similares aos encontrados atualmente: 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio entre outros componentes.

Nesse processo de poluição oxigenante, bactérias anaeróbicas desapareceram, outras se isolaram nas entranhas do solo, no lodo dos pântanos e, bem mais futuramente, até no estômago dos animais – ambientes pobres em oxigenação. Mas “algumas linhagens capazes de respiração aeróbica foram” beneficiadas ao poder usar o oxigênio mais abundante para “obter mais energia livre dos nutrientes. Assim, o oxigênio”, outrora venenoso, tornou-se “indispensável para o desenvolvimento de novos organismos” (CARMO, NUNES-NETO e EL-HANI, 2012, p.47). A mudança no estado de equilíbrio entre os elementos do ecossistema, iniciada pelo “advento da fotossíntese oxigenante, permitiu o desenvolvimento de vida avançada, criando a camada de ozônio que protegeu a Terra da radiação ultravioleta”, além de prover um combustível poderoso (oxigênio) para o processo de “respiração. E, pela primeira vez, os organismos vivos interferiram de maneira decisiva [no ecossistema], não só para si próprios, mas também em relação a outros organismos e a todo o planeta” (REBELO, 2012, p. 165).

Em termos históricos, o período entre 3,8 bilhões e 2 bilhões de anos que acaba de ser descrito faz parte da fase conhecida como biológica do planeta (RIBEIRO, 2013). Essa etapa, assinalada pela emergência dos organismos vivos na Terra, dá sequência ao tempo geológico marcado por intensa atividade gasosa, hídrica e mineral relacionado à formação do planeta há 4,5 bilhões de anos. Foi durante a fase biológica que “se desenvolveu a vida em suas várias modalidades [plantas, animais], destacando-se o surgimento dos mamíferos” (RIBEIRO, 2013, p. 23). Entre esses seres vivos, cerca de 5 milhões de anos atrás, houve o aparecimento do último ancestral em comum entre chimpanzés e humanos do qual se tem conhecimento até a emergência, há 2,5 milhões de anos na África, do gênero *Homo* (HARARI, 2015).

Nas inúmeras fases históricas dos ecossistemas terrestres, tão importante quanto as mudanças ambientais externas foram as alterações internas nos organismos. Essas mudanças estão em sintonia com as concepções de Tansley (1935) que apontam a ocorrência nos sistemas ecológicos de fluxos e trocas de materiais (físicos, químicos) e energéticos envolvendo tanto o Universo como o nível do átomo. Ter isso em mente é importante para compreender o desenvolvimento gradual de formas cada vez mais organizadas de vida.

Quimicamente, o meio interno dos organismos é mais estável e organizado do que o ambiente exterior. Isso permite a manutenção de uma série de reações metabólicas para controlar parâmetros como temperatura, energia e pH (potencial hidrogeniônico, índice que indica a

acidez, neutralidade ou alcalinidade característica de todas as substâncias). “Se o meio interno variasse de acordo com as variações do meio externo – e com sua frequência –, essas reações organizadas não poderiam mais acontecer”, ou raramente ocorreriam, a ponto de tornar inviável os fatores metabólicos necessários para a evolução da vida (REBELO, 2012, p. 151). Em nível molecular, os organismos vivos provavelmente passaram a existir graças ao surgimento do RNA (ácido ribonucleico). Mais complexo, o DNA (ácido desoxirribonucleico) teria surgido só posteriormente, por meio de atividades enzimáticas e proteicas.

Em última instância, todos esses processos visam à preservação da informação genética, que é, por sua vez, o que controla o metabolismo organizado. Há uma grande discussão entre bioquímicos e biólogos moleculares sobre o que apareceu primeiro: o metabolismo ou a informação genética. Do ponto de vista lógico e estatístico, é muito mais fácil conceber a criação de um sistema de informação genética que permite a reprodução da informação e que dá origem a um metabolismo básico que vai modificando esse sistema, o qual vai ganhando complexidade e se reverte em um metabolismo mais complexo, que pode modificar ainda mais o sistema de informação genético até chegar ao DNA e às proteínas (REBELO, 2012, p. 151).

Estágios metabólicos posteriores de evolução, desse modo, resultam da interação entre DNA, RNA e proteínas. O primeiro, responsável por carregar “a informação genética básica; o RNA, usado para transmitir essa informação para outras partes das células onde as proteínas são feitas” (VASCONCELLOS, 2013, p. 28). Esses processos de preservação da informação, responsáveis por impedir a desorganização celular (entropia), servem como um “exemplo de coevolução entre informação genética e metabolismo” e representam ainda um modelo fundamental de funcionamento dos sistemas termodinâmicos abertos (REBELO, 2012, p. 151). De acordo com esse modelo, “os organismos, os ecossistemas, e a biosfera possuem em comum uma característica termodinâmica essencial que se baseia na criação e manutenção [...] das condições de uma fraca entropia” (LÉVÊQUE, 2001, p. 137) — índice que equivale à representação de informação (VIEIRA, 2015); especialmente aquela que faz diferença para a organização e permanência de um elemento num ecossistema, como será discutido a seguir a propósito do surgimento da linguagem e dos sistemas cognitivos.

1.6 – Linguagem e cognição

No intervalo entre 2,5 milhões de anos, quando surge o gênero *Homo*, e 10 mil anos, quando aparecem as primeiras atividades agrícolas (tema do Capítulo 2), o planeta teria sido habitado simultaneamente por várias espécies humanas (*Homo ergaster*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis*, “*Homo sapiens*”) segundo o historiador israelense Yuval Noah Harari (2015, p. 16). Na África, primeiramente, teria surgido o *Homo habilis* e o *Homo Faber*, assim

conhecidos pelas suas “habilidades em fazer com a ajuda de ferramentas. Tais habilidades”, no entanto, “são compartilhadas com o João-de-Barro, os cupins e os crustáceos, que fabricam suas moradias, ou o castor que represa a água” (RIBEIRO, 2013, p. 29). Fora os vestígios fósseis e alguns traços de herança genética neandertal encontrados no genoma do *Homo sapiens*, cuja presença amplia o risco para certas doenças em humanos modernos (SIMONTI et al., 2016; DREIFUS, 2017), as primeiras espécies humanas não legaram vantagens competitivas relevantes para posteridade.

O *Homo sapiens* teria iniciado sua caminhada na Terra há cerca de 150 mil anos. De forma singular nessa trajetória, a ciência da linguagem destaca uma passagem ocorrida há cerca de 70 mil anos, quando, concomitantemente, emerge as funções cognitivas e os indivíduos dessa espécie humana experimentam um salto evolutivo gigantesco e sem precedentes nas centenas de milhares de anos anteriores segundo o professor emérito do Departamento de Linguística e Filosofia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT/EUA) Noam Chomsky (2014). Nessa época, “os organismos pertencentes à espécie *Homo sapiens* começaram a formar estruturas ainda mais elaboradas” do que o próprio DNA: as “chamadas culturas. O desenvolvimento subsequente dessas culturas humanas é denominado história” (HARARI, 2015, p. 11).

O desenvolvimento da linguagem, ocorrido entre 70 mil e 30 mil anos atrás, provoca discussões interessantes a respeito da condição humana na Terra e sua relação com o ecossistema. Mas o que se deve reter daquele período é que, depois dele, debates sobre um “estilo de vida natural”, ou tentativas de estabelecer “quaisquer fronteiras entre a natureza, de um lado, e a cultura, de outro” perdem a razão de ocorrer (HARARI, 2015, p. 54; SANTAELLA, 2015/16, posição 144). Desde então, que se verifica com o *Homo sapiens* são “escolhas culturais, dentro de um conjunto assombroso de possibilidades”, tendo por base o desenrolar da primeira de três revoluções – cognitiva, agrícola e científica – conforme a classificação de Harari (2015, p. 54); ou o início da primeira das seis eras culturais – oralidade, escrita, impressa, de massas, das mídias e digital –, no sentido proposto por Santaella (2003).

A explicação mais aceita para a mudança de patamar linguístico proporcionada pela evolução cognitiva encontra-se em estágios informacionais ainda mais avançados do que os verificados no surgimento do metabolismo dos primeiros organismos vivos, envolvendo o complexo comunicacional entre DNA, RNA e proteínas. Num intervalo de tempo de cerca de 1,8 bilhão

de anos, entre o aparecimento dos primeiros seres vivos e o surgimento dos *Homo sapiens*, uma mutação genética nas estruturas cerebrais humanas teria permitido, paulatinamente, que os humanos passassem a pensar “de uma maneira sem precedentes e a se comunicarem usando um tipo de linguagem totalmente novo” (HARARI, 2015, p. 30). O professor Chomsky (1928-) fornece mais detalhes sobre isso a seguir, em dois trechos selecionados da entrevista concedida por ele ao professor de Filosofia na McGill University (Canadá), James McGilvray:

Mutações acontecem em um indivíduo, não em uma sociedade; por isso, o que deve ter acontecido em algum ponto é que a mutação ocorreu em uma pessoa e, então, essa mutação foi transferida para a prole dessa pessoa, ou para alguma prole, pelo menos. Era um grupo muito pequeno. Então, pode ser que, se essa mutação levou a uma vantagem seletional, esse grupo dominou o resto do grupo muito rapidamente, talvez em algumas poucas gerações. Isso poderia ser feito [numa primeira etapa] sem nenhuma comunicação [oral estruturada, como o que se entende como língua portuguesa, por exemplo], já que essa mutação lhe dá habilidade de pensar, de construir pensamentos complexos, de planejar, de interpretar... é difícil pensar que isso não daria uma vantagem seletional; então, pode ser o caso de que, depois de algum tempo, por meio de seu grupo, a capacidade de pensar estivesse encrustada (CHOMSKY, 2014, p. 82).

Pensar que a natureza humana seja plástica, talvez moldada pelo ambiente – inclusive o ambiente social e a invenção individual [...] por mecanismos gerais de aprendizagem [...]. Ninguém duvida de que existe [essa possibilidade de] algum tipo de mecanismo de aquisição em curso [moldado pelo ambiente]. Mas, a menos que alguém consiga nos dizer que mecanismo é esse, não há nada a fazer. Dizer que é alguma coisa como a indução não ajuda. [...] O próximo passo é dizer que é algo como a abdução, a abdução de Peirce. O termo é usado na Filosofia contemporânea, mas – da maneira que eu vejo – perde o ponto central de Peirce. Agora, isso é chamado de indução à melhor explicação, ou algo assim. O.K., isso é abdução, mas o ponto central de Peirce é o que hoje se chama de um tipo de canalização. Ou seja, deve existir um leque fixo e restritivo de opções; caso contrário não temos abdução, e aí não se vai a lugar algum. [...] Ele usou a abdução de maneiras muito distintas, mas em seus textos mais valiosos, [...] o que ele enfatizou é que isso é um instinto. Ele compara com uma galinha bicando sementes: temos um instinto abduutivo que restringe, *a priori*, a gama de hipóteses que podemos selecionar; a menos que tenhamos isso, nada irá acontecer (CHOMSKY, 2014, p. 165-167).

Chomsky (2014) salienta que foi a linguagem, como pensamento e apoiada num instinto abduutivo, que funcionou como mecanismo de aquisição de aprendizagem, que levou à súbita evolução humana. Como se interpreta na leitura da citação, a linguagem surgiu de um processo evolutivo de base biológica tendo por objeto inicial um único indivíduo e, a partir daí, foi geneticamente transmitida a sua prole. Segundo o autor, esse processo evolutivo tem implicações importantes. Uma delas é que, ao tornar o ser humano a espécie única que é, a introdução evolucionária da linguagem explica, talvez por si mesma, o que é humano sobre a condição dele na Terra. Em outras palavras, fundamenta uma causa naturalística – não religiosa, tampouco meramente especulativa – daquilo que nos torna únicos: a linguagem.

Para avançar nessas questões relacionadas à linguagem, uma das primeiras análises a buscar “a neutralidade na distinção da inteligência humana, animal e artificial” foi apresentada pelo pesquisador sênior da Duke University Fred Dretske (MARGOLIS, 1986, p. 176). Segundo o autor, Dretske (1932-2013) foi pioneiro ao tirar proveito das teorias de comunicação contemporâneas, surgidas em torno da ascensão da Cibernética, como a Teoria Matemática da Comunicação de Shannon e Weaver (1963), nas análises dos estados cognitivos primordiais. No paradigma semântico da informação (DRETSKE, 2010a, 2010b), o autor busca saber como conhecimentos verdadeiros, independentemente de seu contexto, são atribuídos à informação natural que existe de forma objetiva e física no mundo.

Segundo o paradigma semântico da informação, não há isomorfismo, equivalência extensional ou mesmo dependência mútua ligando informações existentes no mundo exterior (signo natural) a um significado atribuído pela consciência cognitiva de um indivíduo, ou signo intencional (GONZALEZ, NASCIMENTO e HASELAGER, 2004). As representações mentais são capazes de abstrair sem interferências externas o que é verdadeiro tanto para representar o mundo em que se vive quanto para corrigir as próprias representações equivocadas a respeito da realidade (DRETSKE, 2010a, 2010b). Logo, um sinal da natureza (como um evento com existência espaço-temporal, incluindo propriedades e fatos que vieram a ser conhecidos pelo observador) veicula necessariamente informação verdadeira (absoluta, baseada em relações infalíveis) a ser obtida pela experiência consciente de um observador abstraído do que ocorre à sua volta (Figura 2). Nesse sentido, a filosofia cognitiva de Dretske (2010a, 2010b) advoga platonicamente a necessidade da existência de crenças 100% verdadeiras, ou seja: para veicular informação significativa o signo intencional precisaria estar numa paridade de 1 para 1 com o signo natural (probabilidade condicional = 1).

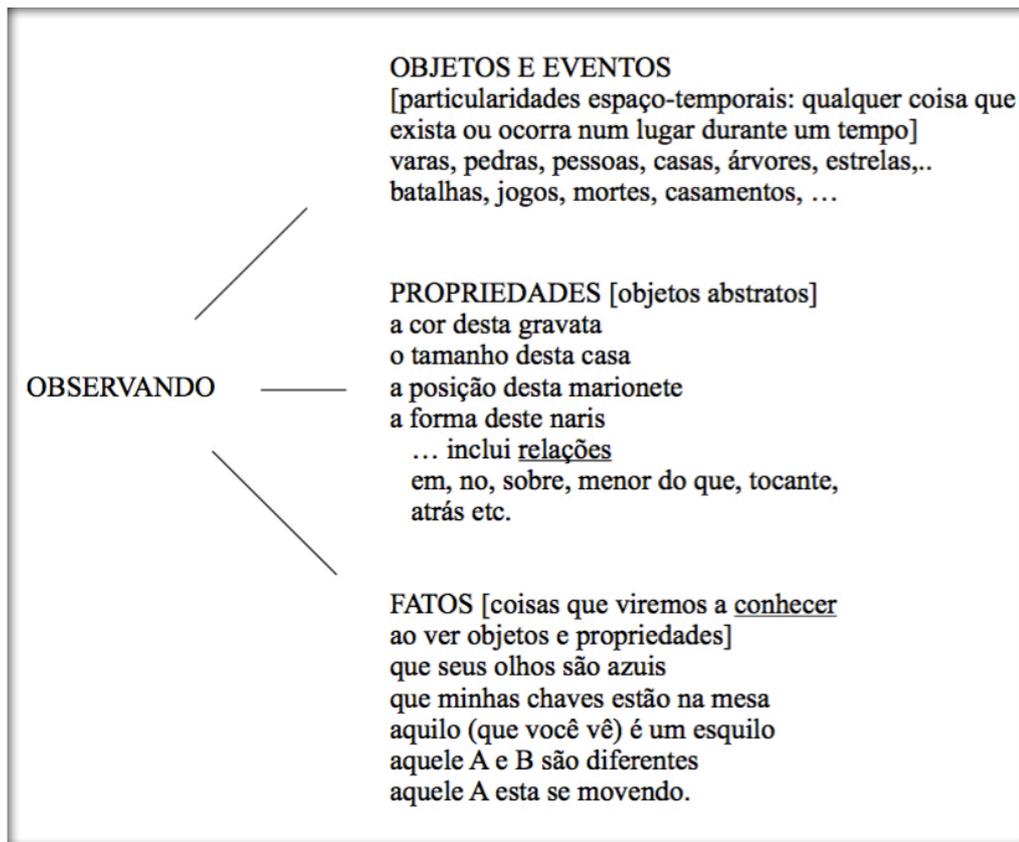


Figura 2 - O que vemos, segundo adaptação de quadro apresentado por Dretske (2010b). Os fatos, a sucessão de eventos que vemos, não contribuem para composição da experiência consciente (signos intencionais), que é prerrogativa de um observador pensativo a respeito do que ocorre à sua volta.

A essência da explicação para isso, segundo o autor, é “que algo só percebe ‘X’ se obtém informação a respeito de ‘X’ por meio de um sistema sensório devidamente credenciado [educado] pela incorporação dessa informação em sua experiência consciente” (DRETSKE, 2010b). Desse modo, um processo de caráter único que ocorre na mente do observador atribui significado à informação expressa por um sinal. Essa lógica significativa não contempla o teste da realidade, ou seja, do constante atrito entre aquilo que se passa nos sistemas cognitivos frente à experiência informativa que se forma na realidade exterior à da mente. De acordo com Dretske (2010a, 2010b) é totalmente interior ao sistema cognitivo a maneira como se atribui significado à informação. Logo,

a informação significativa não estaria no mundo físico, como querem os defensores do realismo informacional, nem nas *affordances* experienciadas pelos organismos, como querem os realistas ingênuos. O aspecto significativo da informação dependeria da postura intencional, intrinsecamente representacional, de sistemas cognitivos complexos que, a exemplo do ser humano, possuem a capacidade de aprender através da representação e correção de sinais indicadores de regularidades no mundo. Dessa forma, se um organismo tiver acesso a uma fonte de informação e, além da experiência sensorial (que lhe permite captar informação analógica), ele tiver o poder de discernir as condições favoráveis das desfavoráveis ao seu comportamento, então, indicadores informacionais significativos se estabelecerão, os quais servirão como instrumento de aprendizagem e controle do comportamento em questão. Uma vez aprendidos, esses

indicadores instauram o significado no universo informacional e fornecem subsídios para as crenças verdadeiras a respeito do mundo (GONZALEZ, NASCIMENTO e HASELAGER, 2004).

Em resumo, Dretske (2010a, 2010b) desconsidera que os signos relevantes para um indivíduo não precisam ser infalíveis, e sim apenas prover informação que faça a diferença e tenha coerência para a permanência do indivíduo no seu ecossistema. Ao contrário, o autor defende a existência de crenças 100% verdadeiras. Elas seriam representações dos signos naturais, concebidas por sistemas cognitivos complexos capazes de criar signos intencionais correspondentes. O processo ocorreria sem que houvesse sequer uma forma instintiva de mediação, como a abdução citada por Chomsky (2014), ou *affordance*, que promove uma espécie de ressonância entre o indivíduo e o que é percebido como útil para agir no ambiente (fatos, propriedades, objetos e eventos). Dessa forma, o autor intenta fundamentar o paradigma semântico sem apoiar-se numa Metafísica (DRETSKE, 1981 apud MARGOLIS, 1986). Recorre, no entanto, a uma explicação tautológica. Afinal: como se poderia aprender com a dinâmica dos próprios erros uma vez que os parâmetros para analisar entre o certo e o errado de informações tidas como infalíveis seriam também puramente representacionais, ligados a estados mentais singulares e próprios de um sistema cognitivo complexo, como o dos humanos?

Numa outra linha, a teoria informacional peirceana não considera a informação como uma questão absoluta e apenas relacionada ao nível de conhecimento do intérprete. Para Peirce, informação é “o total de fatos (verdadeiros ou falsos) que um signo incorpora em determinado estado de conhecimento” (1904 apud NÖTH, 2012). Cabe a semiose trazer a verdade a respeito da informação contida no signo (uma coisa que representa outra coisa, seu objeto, e que resulta de um processo universal de mediação, ou relação triádica do tipo signo/objeto/signo, que pode seguir, assim por diante, até o infinito). Escopo de estudo da Semiótica, a semiose (ação do signo em gerar ou produzir um interpretante de si mesmo, ou seja, outro signo) ocorre no curso do tempo – deve-se frisar – e aponta para o futuro, tendo em vista que “conhecimento que não tenha nenhuma influência sobre qualquer experiência futura (que não traga qualquer expectativa) seria informação acerca de um sonho” (PEIRCE, 1902 apud NÖTH e GURICK, 2011).

Expressa no encadeamento dos pensamentos ou até mesmo num paradigma científico – que segue sempre válido até que possa ser falseado – essa lógica também opera nos desdobramentos das leis naturais (pelas causações eficientes e finais), e contribui para noção de continuidade

entre cultura e ecossistema, por exemplo, advinda da emergência da linguagem. A mesma e singular linha lógica existente entre todos esses tipos de processos é explicada pelo idealismo objetivo peirceano, oposto ao materialismo que deriva a terceiridade mental puramente de processos físicos e postula a neutralidade ou independência entre leis físicas e psíquicas (SANTAELLA, 2013a). Logo, o idealismo objetivo está relacionado a uma forma de monismo filosófico baseado na hipótese de que “há apenas uma espécie de substância no universo, que é a substância da mente. A grande lei do universo é a lei da mente”, presente no instinto abduativo, nos processos físicos, biológicos (SANTAELLA, 2013a, p. 50).

Nesses termos, a lei da mente deve ser compreendida como a “tendência a generalizar e formar associações que é também a tendência para adquirir hábitos, ela mesma um hábito” (PEIRCE apud SANTAELLA, 2013a, p. 50). O processo triádico inerente a ação dos signos, ou semiose, é quem traz ao idealismo objetivo seu arcabouço lógico para configurar a noção de continuidade e unidade entre mente e matéria (conforme concebido pelo sinequismo, discutido anteriormente). Isso ocorre nos desdobramentos informacionais e comunicacionais presentes nas diversas linguagens desenvolvidas pelo homem, e nos fluxos integrados de energia e matéria envolvidos nos elementos e fenômenos que conformam o ecossistema, oriundos do acaso e das causações eficientes e finais. Nesse sentido, é preciso levar em conta que,

embora tenha na mente, na atividade psíquica, sua forma privilegiada de manifestação, a causação final não se restringe ao psiquismo, nem se limita ao reino biológico. Tanto quanto os organismos biológicos, as máquinas, tais como os computadores, também exibem a causalidade final. Assim sendo, haverá mente ou causação final onde houver triadicidade. Onde houver tendência para a mudança de hábito, para aprender, para o crescimento, ou evolução, aí haverá mente, [haverá inteligência, finalidade] não importando quão rudimentar essa ação possa ser. Em síntese, a causação final é inerente a qualquer atividade direcionada para um fim. Trata-se da forma geral de um processo, a tendência para um estado final, “o traço geral dessa tendência em qualquer meio que possa ocorrer” (Ransdell, 1977, p. 163)⁵. Que os processos vivos exemplificam algumas dessas formas foi plenamente reconhecido sob rótulos tais como “Cibernética”, “homeostase”, [*feedback*] e particularmente “teleonomia⁶” (SANTAELLA, 2013a, p. 57).

A Semiótica peirceana, como se nota por meio das citações feitas nos parágrafos anteriores, amplia a noção de cognição e a própria noção de Semiótica, aqui entendida como a ciência que estuda toda e qualquer linguagem. Linguagens que há 10 mil anos orientam o desenvolvimento da agricultura, por exemplo, e continuam a orientar a arte simbólica, as notações astronômicas

⁵ RANSELL, Joseph (1977). Some leading ideas of Peirce’s semiotics. *Semiotica*, ed. 19-3/4, p. 157-178.

⁶ Noção de que a presença de uma propriedade em um organismo advém das vantagens seletivas por ela ocasionadas.

e meteorológicos, as estruturas sociais complexas, os algoritmos computacionais. Linguagem que há cerca de 60 mil anos, numa “irrupção de energia criativa que de algum modo surge em um instante revolucionário”, reconfigurou a mente humana e, tendo como origem algum indivíduo de um restrito contingente humano, proporcionou “um ‘grande salto para a frente’” à espécie humana, dotando-a com uma vantagem competitiva única na relação com o ecossistema (CHOMSKY, 2014, p. 29-30).

1.7 – Mecanismos de coesão social

Desenvolvida durante dezenas de milhares de anos por meio da ampliação das capacidades cognitivas, tais como aprendizado, memória, autocontrole do pensamento e comunicação, a linguagem humana garantiu uma vantagem competitiva sem igual no ecossistema. Uma explicação plausível para evolução dela é a necessária relação com o outro, com a alteridade. Necessidade que surge literalmente no nascedouro, tendo em vista que, durante vários anos, a prole humana é indefesa e precisa dos pais para se proteger, alimentar e aprender. Da mesma forma que as crianças, as mães de recém-nascidos não têm como dar atenção aos bebês e ao mesmo tempo garantir o sustento dos dois. “Esse fato contribuiu enormemente para as extraordinárias habilidades sociais da humanidade” (HARARI, 2015, p. 18). Isso foi fundamental para evolução da linguagem porque desenvolveu um tipo de comunicação eficaz para granjear a afeição do outro, obter acolhimento, receber uma gratificação (comida, atenção) ou até para enfrentar situações de conflito, como uma briga. Todos esses fatores necessários para a sobrevivência e que seguem válidos na sociedade em rede no século XXI (CAMARGO, 2016a).

Em primatas e outras espécies animais, esse tipo de identidade comunicacional é alcançado por meio do estímulo das linguagens corporais como o *grooming*, atividade em que um indivíduo limpa o outro. Ao contrário do que uma primeira generalização possa parecer, essa prática não funciona só para tirar parasitas ou cuidar da aparência do “outro”, porém como um instrumento similar à fofoca (burburinho social) pelo qual se forjam e rompem alianças, estabelecem hierarquias, fortalecem e conquistam amizades, segundo o psicólogo Robin Ian MacDonald Dunbar (1997), autor do livro *Grooming, Gossip and The Evolution of Language* — Cafuné, Fofoca e a Evolução da Linguagem, numa tradução livre. Essa prática encontrada em primatas é comparada pelo autor à vivida pelos humanos há 60 mil anos.

Distribuir cafunés entre os integrantes dos pequenos grupos sociais – até menos do que “150 indivíduos” (HARARI, 2015, p. 35) – representava uma maneira de aliviar o estresse e buscar parcerias para praticar ou reprimir o assédio moral (*bullying*) que representava uma ameaça quase tão perigosa como a dos predadores. Com o desenvolvimento da oralidade, as informações mais importantes trocadas no burburinho passam a ser a respeito dos próprios humanos, e não sobre “leões e bisões” que, embora fossem naturalmente temas relevantes, fazem menos diferença para manter cooperação do que “saber quem em seu bando odeia quem, quem está dormindo com quem, quem é honesto e quem é trapaceiro” (HARARI, 2015, p. 31).

Sofisticação do instinto abduativo primordial da linguagem (CHOMSKY, 2014), a prática do *grooming* se relaciona mais a uma estratégia de coesão social do que de conforto, embora isso também seja importante (DUNBAR, 1997). Entretanto, torna-se impossível para cada membro manter o contato físico constante com todos os outros integrantes do bando em populações maiores, conforme passaram a se distribuir ao longo do tempo os primeiros grupamentos humanos, de até 500 pessoas de bandos diferentes, que já usavam sistemas arcaicos como moeda de troca (conchas, obsidianas) e “uniam” forças para exterminar um bando rival (HARARI, 2015, p. 112). Mas o crescimento e expansão geográfica da população não sepultou o burburinho social. “Ainda hoje, a maior parte da comunicação humana – seja na forma de e-mails, telefonemas ou colunas nos jornais – é fofoca. É tão natural para nós que é como se nossa linguagem tivesse evoluído exatamente para esse propósito” (HARARI, 2015, p. 32).

De caráter informal, a fofoca ou burburinho visa chamar a atenção, provocar uma tomada de decisão, persuadir alguém durante uma troca informal de agrado ou informação entre amigos ou formadores de opinião (CAMARGO, 2016a). Esse tipo de linguagem privilegia principalmente atitudes e temáticas que tragam características de novidade. Ou seja: ações que proporcionam informações fora da rotina, mas em conformidade com as expectativas e a capacidade de os indivíduos interpretá-las. Nesse sentido, o burburinho geralmente atrai a cooperação ou a competitividade entre membros de dois grupos principais: “promotores e detratores” (ROSEN, 2009, p. 17). Assim, quem participa do burburinho costuma agir positivamente ou negativamente sobre algo a fim de influenciar um terceiro grupo formado por quem ainda está em dúvida. O mais curioso, no entanto, é que entre esses grupos há quem nunca tenha tido contato efetivo com aquilo que promove ou destrata. Posiciona-se muitas vezes a respeito de uma coisa sem necessariamente ter mantido algum tipo de relação com ela. “Em

boa medida, o importante é” tomar parte na fofoca, “marcar presença no burburinho geralmente com o propósito de influenciar outrem” (CAMARGO, 2016a, p. 65).

Fazer alusão a uma situação real ou fictícia entre outros integrantes do grupo social torna-se tão natural como partilhar informações relacionadas à proximidade geográfica na qual o grupamento humano está inserido. Isso gera uma cultura, ou uma “ordem imaginada” conforme Harari (2015, p. 121), na qual afirmações passam a ser feitas sem que necessariamente tenham ocorrido ou sejam 100% verdadeiras. Os fatos imaginários assim como os reais ganham valor na troca de informações com outros membros do grupo dependendo da situação na qual são enunciados. Em qualquer caso, no entanto, o que torna singular a linguagem humana não é a possibilidade de ela veicular informações a respeito de uma pedra, um rio ou um inimigo, mas tornar até situações que nunca existiram com certeza – como a informação de que há uma jabuticabeira (embora não haja) carregada de frutas numa certa direção – fundamentais para o fortalecimento da identidade e coesão social. “Essa capacidade de falar sobre ficções é a característica mais singular da linhagem dos *sapiens*” (HARARI, 2015, p. 32).

1.8 – Mitos e ordens imaginadas

Ficções as mais diversas, como as crenças em lendas e nos mitos, têm origem numa ordem imaginada. E não há muito o que inovar no início da história da cultura humana. “O material do mito é o material da vida, do nosso corpo do nosso ambiente. [...] Uma mulher com seu filhinho é imagem básica da mitologia” (CAMPBELL, 1992, p. 7). O “animismo”, uma forma de analisar o mundo na qual objetos animados e inanimados – touros, cereais, rochas – são equiparados às pessoas, já fazia parte da vida dos caçadores-coletores (HARARI, 2015, p. 63). “Psicólogos da cognição e evolucionistas defendem que a crença no trovão e no raio, por exemplo, como um espírito irado, são ‘minimamente contraintuitivas’” (MANNING, 2016, p. 18). Embora não seja uma religião, o animismo usa o mesmo código das crenças e imagens que resiste até hoje nas religiões (como se verifica no cristianismo na simbologia em torno do cordeiro ou da pomba branca, imagem do Espírito Santo). “Os animistas acreditam que não existe barreira entre os humanos e outros seres. Eles podem se comunicar diretamente por meio da fala, da música, da dança e de cerimônias”, porém sempre se relacionam por meio de elementos locais (HARARI, 2015, p. 64). “A terra e o universo como nossa mãe. [...] Entrar em harmonia com o universo, e permanecer nesse estado, é a principal função da mitologia” (CAMPBELL, 1992, p. 7).

Mas trechos de uma declaração baseada no valor do ecossistema para o homem primitivo, atribuídos a um pronunciamento do chefe Seattle, em 1855 nos Estados Unidos – “A terra não pertence ao homem. O homem pertence à terra. [...] E danificar a terra é desprezar seu criador” –, já sugerem a desvalorização do animismo: “Que acontecerá quando todos os cantos secretos da floresta estiverem impregnados do cheiro de muitos homens, e a vista das sazoadas colinas estiver escondida pelos fios que falam?” (CAMPBELL, 1992, p. 7). Essa declaração trás a cognição sumária de quem já experiencia as consequências da revolução agrícola e científica. E, premonitoriamente, antecipa em 80 anos fatos que serão vistos no desastre climático da *Dust Bowl* que dizimou o meio oeste dos EUA (veja mais informações no Capítulo 4).

Em outras palavras, se no período entre 12 mil e 10 mil anos a agricultura ainda estava associada ao animismo – por exemplo: “onde se tem a agricultura como base, a deusa se torna a figura mitológica principal” por meio “da transformação do sêmen em criança, da semente em fruto” (CAMPBELL, 1992, p. 52) –, o vínculo se enfraquece pouco a pouco à medida que avança a cultura escrita, entre 5 mil e 2,5 mil anos atrás. Assim, outrora preponderantes e idolatrados para promover a sobrevivência humana, plantas, animais e territórios terrestres passam a ser considerados objetos de “posse e manipulação” por parte dos agricultores (HARARI, 2015, p. 220) — esse tema será retomado no Capítulo 2. Com a revolução agrícola, seguida da científica, as atividades de caça, pesca e coleta de plantas e frutas selvagens perdem gradativamente à importância. Enfraquece o animismo, mas fortalece novas crenças e mitos.

Durante a era dos caçadores-coletores centenas de estranhos foram capazes de cooperar graças a seus mitos partilhados. No entanto, essa cooperação era frouxa e limitada. Todos os bandos de *sapiens* continuavam a tocar a vida de maneira independente e a satisfazer a maior parte de suas próprias necessidades. [...] [Mas] os mitos, como se veio a saber, são mais influentes do que qualquer um poderia ter imaginado. Quando a revolução agrícola criou oportunidade para a criação de cidades populosas e impérios poderosos, as pessoas inventaram histórias sobre grandes deuses, pátrias-mães e empresas de capital aberto para fornecer os elos sociais necessários. Enquanto a evolução humana estava rastejando no seu usual ritmo de tartaruga, a imaginação humana estava construindo redes impressionantes de cooperação em massa diferentes de qualquer outra já vista (HARARI, 2015, p. 111-112).

Esses mitos, ou ordens imaginadas, estão na raiz da linguagem e da cultura. Fazem parte de um conceito holístico necessário à sobrevivência e ao desenvolvimento dos grupos humanos, e estão fundamentados no desejo gerado em cada indivíduo de expressar “identidade”, dar e obter “gratificação” num “sistema psicossocial” (VIEIRA, 2007, p. 115). Trata-se de um conjunto de traços espirituais, materiais, intelectuais e emocionais que, quando organizado sob

determinados códigos de conduta, torna-se muito eficaz para estabelecer colaboração e/ou competição entre humanos. Constituem uma sofisticação dos mesmos mecanismos de coesão relacionados ao *grooming*. Assim, as ordens imaginadas visam oferecer um tipo de conforto similar ao que a prática de tirar parasitas do corpo de um indivíduo proporciona, haja vista o que ocorre nas promessas religiosas de cura, nos cânticos de guerra para inspirar uma batalha contra o inimigo ou, até mesmo, na noção de igualdade e fraternidade surgida após a revolução francesa abolir o “direito divino dos reis”, em 1789, e que continua a inspirar a humanidade até hoje por meio dos mais variados arranjos políticos e econômicos (HARARI, 2015, p. 35-41).

1.9 – Formas de conhecimento e a multiplicidade de verdades

A obra de Campbell (1992) ressalta que a legitimidade de um mito está atrelada à experiência ou à convivência de séculos ou milênios com a imagem mítica até ela ser legitimada como modelo. Nessa trajetória, os mitos não deixam necessariamente de ser relevantes para lidar com novos problemas que surgem no curso da história. Mesmo no caso do animismo, embora tenha perdido espaço, sua presença prospera em parte da simbologia religiosa, como citado antes. Em igual passo, durante a sucessão das seis eras culturais – oralidade, escrita, impressa, de massas, das mídias e digital – o surgimento de uma nova cultura não decretou o fim da antecessora; ao contrário, até ampliou as possibilidades de comunicação e os desafios inerentes a todas elas (SANTAELLA, 2003). Dessa forma, há razões intelectuais e práticas para não desmerecer nenhum tipo de conhecimento, acontecimento ou experiência de vida.

As razões intelectuais surgem do desejo humano de conhecer, aprender e compreender — inatos ao homem. “Já as razões práticas advêm da necessidade de conhecer, aprender e compreender a fim de fazer algo melhor ou de maneira mais eficaz do que está sendo feito, ou para encontrar soluções para problemas específicos do cotidiano humano” (MATTAR, 2014, p. 25). Isso pode ser alcançado por meio de quatro maneiras ou formas diferentes de se adquirir conhecimento segundo Mattar (2014): popular, religiosa, filosófica e científica. Embora não incluída nessa lista, a forma artística também é relevante. Especialmente quando as dinâmicas tecnológicas e ambientais se tornam cada vez mais complexas e colocam em risco à continuidade ou, ao menos, o bem-estar da espécie humana na Terra conforme alertam, cada um à sua maneira, cientistas como Haff (2013) e artistas, como os reunidos na 32ª Bienal de São Paulo para tratar das Incertezas Vivas da iminente “extinção da história não-natural da humanidade” no século XXI devido ao agravamento das catástrofes climáticas (VOLZ e PRATES, 2016, p. 7).

Arte e ciência, desde a Antiguidade até o período da Renascença, não tinham fronteiras rígidas que as separassem, diferentemente do que a dualidade cartesiana possa fazer crer (CAMARGO, 2016a). Já na época da revolução agrícola, entre 10 mil e 6 mil anos, “quando as despensas estão abastecidas e a pressão se alivia, há tempo para pensar, [...] para criar novas relações sociais, para contemplar os mutáveis padrões de vida e para produzir arte”, avalia o Diretor do British Museum Neil MacGregor (2013, posição 932). Depois do século XVII, porém o paradigma é de que as práticas artísticas (mais ligadas à abdução e à indução, como pintar um quadro; escrever um romance) distinguem-se das científicas, mais voltadas à lógica (deduzir uma sequência genética; interpretar um artigo científico). Grosso modo, isso faz sentido. Na ciência impera a busca incessante pela coerência e verificabilidade entre as representações mentais criadas pelos cientistas e os aspectos da realidade objetiva. Por sua vez, os artistas ignoram esse tipo preocupação; mas em ambos os casos está em jogo criar uma configuração da realidade que na ciência ocorre por meio de uma forma precisa, metódica, passível de revisão e, na arte, avança com liberdade total para mapear a realidade e testar todas as suas possibilidades, mesmo nos casos em que se faz uso de lógica ou da matemática.

Cruzamentos epistemológicos, ou áreas de sobreposição (mesmo que parcialmente e só durante algum tempo na história), ocorrem nos demais tipos de formas de adquirir conhecimento. Levando em conta o quadro traçado por Mattar (2014, p. 26) – veja Figura 3 –, as formas popular, religiosa e filosófica são todas “valorativas”. Mas as formas religiosas e filosóficas transmitem conhecimentos tidos como infalíveis por cada um de seus precursores e seguidores, da mesma forma como são sistemáticos e não verificáveis. Ao contrário, os conhecimentos popular e científico são verificáveis e falíveis. Independentemente dessas similaridades e diferenças, todas “essas formas são válidas e funcionam simultaneamente” no universo ao qual se aplicam, “apesar de suas fundamentações serem radicalmente diferentes” (MATTAR, 2014, p. 25). A seguir, mais particularidades das formas de se adquirir conhecimentos:

O conhecimento popular é obtido por meio das experiências do indivíduo. É o modo comum, corrente e espontâneo de obtenção de conhecimento no trato direto com os seres humanos e com os objetos. Advém da vivência e da convivência com os fatos e ou fenômenos, principalmente os repetitivos, para os quais, por meio da experiência própria [observada pelo indivíduo] ou de experiência transmitida [ouvida de alguém], vão se estabelecendo relações e explicações. [...] O conhecimento religioso consiste em explicações sistemáticas sobre os fenômenos e os fatos do mundo, e compreende proposições e dogmas sagrados, revelados por seres sobrenaturais. [...] Trata-se de uma forma importante de adquirir conhecimento, levando-se em consideração o número de seres humanos que o utilizam, mas extremamente discutível, e até perigosa, tendo em vista suas características de indiscutibilidade e dogmaticidade. O conhecimento filosófico parte da experiência e, por meio de processos de racionalização, indutivos, dedutivos, procura estabelecer hipóteses coerentes para a

explicação dos fatos e dos fenômenos. No entanto, essas hipóteses não são passíveis de verificação [... e não podem, por isso, ser] rejeitadas (MATTAR, 2014, p. 26).

Popular	Religiosa	Filosófica	Científica
Valorativo	Valorativo	Valorativo	Factual
Reflexivo	Inspiracional	Racional	Contingente
Assistemático	Sistemático	Sistemático	Sistemático
Verificável	Não verificável	Não verificável	Verificável
Falível	Infalível	Infalível	Falível

Figura 3 - Reprodução da tabela “comparação entre as formas de adquirir conhecimento” (MATTAR, 2014, p. 25).
Sobre a proposta de acréscimo da forma artística, levantada pela tese, os atributos dela seriam: valorativo;
inspiracional; sistemático; não verificável; falível.

Levando-se em conta que todas essas formas de conhecimento são ficções ou ordens imaginadas, no sentido proposto por Harari (2015), como se faz para que grupos humanos ou toda a sociedade em rede acredite e coopere com elas? Primeiro, os indivíduos precisam ser educados com base nelas — ou seja: conviver com elas; a mesma explicação oferecida por Campbell (1992) para o uso e vitalidade dos mitos. Depois, “você nunca admite que a ordem é imaginada. Você sempre insiste que a ordem que sustenta a sociedade é uma realidade objetiva criada pelos grandes deuses ou pelas leis da natureza” (HARARI, 2015, p. 121). Essa recomendação adota como critério a experiência deixada por culturas de sucesso, ao menos durante algum tempo, como a das antigas cidades da Mesopotâmia, do império Romano e da própria sociedade de consumo, criada em torno no sistema político-econômico capitalista. Logo, as ordens imaginadas em torno desses acontecimentos históricos e seus respectivos conhecimentos fundadores (como a validade dos sistemas econômicos baseados na livre circulação de moedas e no incentivo ao consumo de diversos tipos de bens) baseiam-se em crenças ou em mitologias comuns. Conhecimentos compartilhados desse tipo têm permitido que milhões de indivíduos desconhecidos cooperem de maneira efetiva entre si, constituindo uma “rede de instintos artificiais que é chamada de ‘cultura’” (HARARI, 2015, p. 171).

Necessárias para organizar os acontecimentos e os fenômenos sociais – como as dinâmicas criadas pelas culturas em torno das tecnologias (escrita, mídias, digital) –, costumeiramente as variadas formas de se adquirir conhecimento (mito, arte, popular, religiosa, filosófica e científica) dão respostas diferentes a problemas similares. Como no caso das recorrentes dúvidas em torno da continuidade ou não da espécie humana na Terra: o Apocalipse bíblico

assevera que ocorrerá o fim do mundo (BÍBLIA, 1961); a ciência, por sua vez, ainda não tem uma resposta segura do que vai acontecer (HAFF, 2013). Devido a situações como essa fica claro como aquilo que é classificado como conhecimento verdadeiro está sempre em processo, à semelhança do que ocorre com os signos.

Conforme esse ponto de vista, a verdade pode ser encarada como multiplicidade pura, na linha do que é defendido pelo filósofo francês Alain Badiou (1996). Segundo esse autor, há múltiplas verdades (no plural) sobre cada um dos diversos tipos de acontecimentos vinculantes possíveis no mundo, como os relacionados à arte, forma de adquirir conhecimento detalhada antes e que, por isso também, merece atenção especial. De maneira geral, o autor classifica quatro dimensões possíveis de acontecimentos vinculantes relacionados às verdades, descritos a seguir: amor, da ordem dos indivíduos; arte, da ordem dos indivíduos, mas com interesse coletivo, ao contrário do amor; ciência, que assim como a arte também faz parte da ordem dos indivíduos e tem interesse coletivo, ao contrário do amor; política, da ordem do coletivo e com interesse coletivo. Uma vez vinculado a qualquer um desses acontecimentos o ser humano passa a ser guiado pela sua estrutura dominante, ou ordem imaginada, até se ligar a um novo tipo de “acontecimento” (BADIOU, 1996, p. 81-92). Essa noção de acontecimentos vinculantes também se alinha aos preceitos já apresentados de causação eficiente e final.

Reforça essa noção movediça relativa às características da verdade o fenômeno da chamada pós-verdade, fato digno de nota pelo Oxford Dictionaries (2016). Em 2016, o termo pós-verdade alcançou um pico de frequência no contexto político tanto do referendo para excluir o Reino Unido da União Europeia (Brexit) quanto das eleições presidenciais nos Estados Unidos (vitória de Donald Trump). Assim, essa expressão até se tornou associada a um substantivo particular, de cunho político. Segundo a revista *The Economist*⁷, o âmago da questão em torno da pós-verdade não reside no fato de a verdade “poder ser falseada, nem contestada, mas em sua importância secundária. Uma vez estabelecido o propósito da mentira, o próximo passo é criar uma visão falsa do mundo ao redor dela”. Essa atitude não se destina a convencer quem pensa de maneira diferente, porém reforçar as alianças em torno de quem compartilha um mesmo paradigma em torno de um acontecimento vinculante à política, por exemplo.

⁷ Disponível em: <<http://www.economist.com/news/leaders/21706525-politicians-have-always-lied-does-it-matter-if-they-leave-truth-behind-entirely-art?fsrc=scn/tw/te/pe/ed/artofthelie>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

1.10 – Viés de confirmação no conflito de posições

A teoria argumentativa desenvolvida por Mercier e Sperber (2011; 2017) corrobora a noção movediça de verdade, no sentido de ela não ser necessariamente relacionada a acontecimentos reais e transparentes, porém fundamentada em crenças comuns elaboradas por meio até de fofocas (como as inerentes ao burburinho social). Segundo os autores, a racionalidade humana não emergiu da evolução das linguagens para buscar a verdade das coisas nem para aumentar o conhecimento, como defendem modelos clássicos como o cartesiano, mas sim para procurar triunfar em debates. Nesse sentido, a razão não visa por si mesma alcançar as melhores crenças e decisões, porém procura ajudar a justificar as próprias crenças e ações para os outros, mesmo que estejam equivocadas. Logo, segundo Mercier e Sperber (2011), a razoabilidade até auxilia os seres humanos a explorar da melhor forma o ecossistema, mas é tendenciosa em favor do que já se acredita. Por isso, a razão pode até defender ideias mirabolantes ou insustentáveis para própria sobrevivência humana em sua sanha persuasiva, cujo principal propósito é vencer os argumentos que os outros apresentam. Conforme esse modelo cognitivo,

a argumentação e a inteligência caminham por módulos paralelos e nem sempre funcionam de maneira coordenada, de modo que os resultados de um processo argumentativo não são determinados por uma avaliação estritamente crítica, pela via de uma depuração racional; da mesma forma, os seres humanos argumentam sempre com um enviesamento de confirmação e que a evidência em psicologia cognitiva nos últimos quarenta anos mostra que, devido a esse enviesamento, argumenta-se sobre aquilo que podemos justificar e não com base no que se sabe que seria uma opinião melhor [...]. Segundo esses autores, a argumentação não garante a ninguém quaisquer benefícios e funções positivas que frequentemente se atribuem a ela, e não caberia teorizá-la como expressão ou manifestação epistêmica, pois não é regida por qualquer padrão normativo de valor. Uma das conclusões que chama a atenção para a posição de Mercier e Sperber (2011) e sua equipe é que os seres humanos, em princípio, acreditam naqueles em quem confiam, mas assim que passam a desconfiar deles o suficiente, resolvem, então, analisar cuidadosamente o conteúdo dos argumentos, pondo em prática uma verificação da coerência e da relevância da declaração (SANTIBÁÑEZ, 2015, p. 259).

No viés de confirmação (correspondente à verificação da coerência e da relevância daquilo que se acredita) também estaria a chave para desvincular-se de acontecimentos e ideias enviesadas e insustentáveis, porém particularmente defendidas. Isso ocorreria por meio de uma fratura exposta ou desconfiança surgida no decorrer de uma discussão, ou acontecimento, que envolva necessariamente outros coletivos que partilham posições semelhantes. Por isso, grupos cumprem melhor tarefas de raciocínio do que indivíduos em atuação singular. “As pessoas se tornam bastante capazes de raciocinar de maneira imparcial nessas situações [em que se envolvem coletivamente], pelo menos quando estão avaliando argumentos em vez de produzi-

los, e quando estão atrás do conhecimento verdadeiro em vez de tentar ganhar um debate” (MERCIER e SPERBER, 2011, 72).

Portanto, segundo a conclusão dos autores, a capacidade de raciocinar é um fenômeno coletivo e não singular. Posta em prática de forma particular, visa apenas persuadir os outros. Entretanto, quando se pensa de forma coletiva o viés de confirmação tende a tornar os indivíduos mais cautelosos, especialmente nas situações em que coletivos oponentes apresentam a posição deles como irrefutável. No conflito de posições – tão comum nas discussões mais renhidas ou exacerbadas – cresce a possibilidade de se vincular a ideias ou acontecimentos mais vantajosos para coletividade (independentemente de serem verdadeiros). Essa tese, proposta por Mercier e Sperber (2011), tem o condão de resgatar o privilégio da oralidade sobre a escrita, como defendido por Derrida (1973). Este filósofo francês mostrou como o logocentrismo (ou racionalismo baseado na escrita) estabelecia oposições binárias – como natureza/cultura, fala/escrita, dentro/fora –, como um vírus aterrissando na parede de uma membrana celular. E, dessa forma, o autor procura desconstruir a hegemonia do pensamento ocidental, ou seja, a hegemonia da “subjetividade humanista liberal” (SANTAELLA e FELINTO, 2012, p. 49).

O espírito, individual, autônomo, dotado de consciência e agência, não estaria efetivamente sujeito a determinações exteriores. Livre da materialidade e de determinantes históricos ou culturais, nada poderia minar o exercício de sua agência. Mas os desenvolvimentos contemporâneos da linguística, da psicanálise e da sociologia viriam sugerir que o sujeito não era assim tão poderoso; que suas ações tinham condicionantes de ordem inconsciente, que ele era antes *falado pela linguagem* do que seu *falante*. O sujeito sofria em seu corpo e em sua consciência a inscrição de diversas forças sociais e biológicas. É nessa ideia de uma *inscrição ou escritura* essencial, presente mesmo na origem do sujeito (e da Metafísica), que Derrida fundará sua Gramatologia. Uma ideia análoga, em muito aspectos, [também] à noção de *programa*, fundamental para biologia e a [já mencionada] Cibernética (SANTAELLA e FELINTO, 2012, p. 49-50).

A fraca autonomia individual na tomada de decisões fortalece a noção do crescimento da complexidade diante do imenso volume e diversidade de acontecimentos vinculantes possíveis no século XXI com o advento das cidades inteligentes, agricultura inteligente, internet das coisas (IoT). Nesse campo de forças coletivo e digital, vale reafirmar, fica reluzente como não cabe mais ser invocada a preponderância da condição humana sobre o ecossistema. Afinal, “o sujeito liberal clássico, independente, autônomo e em plena posse de si” transformou-se em algo “absolutamente insustentável na situação contemporânea. Em seu lugar deverá surgir uma subjetividade descentrada e distendida nas redes tecnológicas” (SANTAELLA e FELINTO, 2012, p. 21). Nesse quadro, ainda não está certo como as culturas digitais (e a lógica relacional

delas) afetam o ecossistema e a condição humana, temas deste capítulo, na relação com o agrossistema digital, tema discutido nos próximos capítulos. Ou, nos termos já apresentados na Introdução, a questão objetiva que se coloca é: De que maneira diversos elementos e dinâmicas (clima, solo, máquinas, agricultores, código digital) têm suas relações e trocas afetadas pela conectividade ubíqua?

1.11 – Campo de oportunidades

No segmento rural, a política, a religião, as artes, a ciência e as pessoas em geral teriam reforçado a ideia de que a revolução agrícola foi benéfica ao proporcionar ganhos para condição humana ao aumentar a quantidade de alimentos à disposição, por exemplo, e produzir indivíduos cada vez mais inteligentes. Mas essa história é inventada segundo Harari (2015). Comparado ao antigo sistema agroalimentar, centrado principalmente na atividade coletora, a alimentação básica tornou-se menos variada após a revolução agrícola. Antes, a subsistência “era baseada na diversificação das espécies, que é um imperativo para a sobrevivência dos ecossistemas, ao passo que hoje prevalecem sistemas simplificados e uniformizados, mais frágeis e suscetíveis a fatores externos de desequilíbrio” (AZEVEDO, 2012, p. 34).

Os caçadores-coletores conheciam os segredos da natureza muito antes da revolução agrícola, já que sua sobrevivência dependia de um conhecimento íntimo dos animais que eles caçavam e das plantas que coletavam. Em vez de prenunciar uma nova era de vida tranquila, a revolução agrícola proporcionou aos agricultores uma vida em geral mais difícil e menos gratificante que a dos caçadores-coletores. Estes passavam o tempo com atividades mais variadas e estimulantes e estavam menos expostos à ameaça de fome e doença. A revolução agrícola certamente aumentou o total de alimentos à disposição da humanidade, mas os alimentos extras não se traduziram em uma dieta melhor ou em mais lazer. Em vez disso, se traduziram em explosões populacionais e elites favorecidas. Em média, um agricultor trabalhava mais que um caçador-coletor e obtinha em troca uma dieta pior. A revolução agrícola foi a maior fraude da história (HARARI, 2015, p. 88-90).

Os defensores da agricultura orgânica concordam com essa posição (CAMARGO et al. 2000; AZEVEDO, 2012). A crítica recai, entre outros pontos desabonadores para o agronegócio, no fato de que o agrossistema faz uso de nitratos e fosfatos como fertilizantes para o crescimento e desenvolvimento acelerado das plantas. O uso desses elementos sintéticos está associado ao aumento dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera. Os fertilizantes, portanto, que ganharam destaque na década de 1950 durante a Revolução Verde (saudada como a solução para o problema da fome do mundo), teriam destruído os ecossistemas segundo os defensores da agricultura orgânica. “Apregoa-se intencionalmente que não existe alternativa a esse modelo, teimosamente mantido apesar da sua insustentabilidade” (CAMARGO et al. 2000, p. 10). Mas

não seria verdade que não existe alternativa aos fertilizantes. “A agricultura orgânica, praticada na China há milênios, sustentou até pouco tempo um terço da população mundial numa área útil correspondente à do Estado do Pará” (CAMARGO et al. 2000, p. 10). Retomar as relações mais naturais com o campo seria, portanto, uma alternativa viável e mais sustentável que “a agricultura predatória convencional dependente do uso intensivo de insumos químicos” (CAMARGO et al. 2000, p. 10).

O processo “Haber-Bosch”, tecnologia utilizada na produção dos fertilizantes inorgânicos sintéticos, aproxima-se ao ciclo do nitrogênio realizado pelas bactérias para fixá-lo ao solo (CONWAY, 2003, p. 257-258). O nitrogênio é um dos elementos essenciais para o crescimento das plantas ao promover, entre outras reações, a quantidade e a qualidade da geração de matéria orgânica que serve de nutriente às plantas. Utilizado após a Segunda Guerra Mundial para produção de fertilizantes a serem aplicados no campo, o processo Haber-Bosch responde indiretamente pelo sustento de cerca de 40% da população do planeta (HAFF, 2013). Isso ocorre porque o principal ganho proporcionado pelos fertilizantes é acelerar a produtividade e a melhoria no padrão de consumo da população (pela maior quantidade de alimentos produzidos num menor prazo e a menor custo), de acordo com a entidade ligada ao agronegócio *Nutrients for Life Foundation/NFL* (ALIMENTO, 1999-). Por conseguinte, os fertilizantes gerados pelo processo Haber-Bosch não só são eficientes como também são seguros, observadas as boas práticas de manejo indicadas pela NFL (4C — dose certa, fonte certa, aplicação em local certo e época correta). Além disso, no Brasil, o uso de fertilizantes reduz o preço dos itens que compõem a cesta básica, tornando-a uma das mais baratas do mundo. Em 2016, “o custo da cesta básica equivaleu a 1/3 do seu valor em 1975” (ALIMENTO, 1999-).

A partir de 1950, o fenômeno da grande aceleração tecnológica do qual o processo Haber-Bosch faz parte já indica, de fato, um desequilíbrio nas relações entre a tecnosfera, os ecossistemas e a condição humana (CRUTZEN e STOERMER, 2000; HAFF, 2014). Logicamente, no entanto, cabe esclarecer que o agrossistema não é o único responsável pelo crescimento desse desequilíbrio, vinculado a outros setores como extração mineral, industrialização etc. O peso maior muitas vezes atribuído à agricultura ocorre devido à sua lógica relacional envolver os principais elementos que regulam o funcionamento terrestre, tais como: “composição atmosférica, ozônio estratosférico, sistema climático, ciclos de água e nitrogênio, ecossistemas marinhos, sistemas terrestres, florestas tropicais e degradação terrestre da biosfera” (STEFFEN, 2015, p. 83).

Extrapola os objetivos deste capítulo discutir se especificamente uma dessas polarizações contraditórias entre si – baseadas no que dizem os promotores da agricultura orgânica e do agronegócio sobre o uso dos fertilizantes – representa uma mentira proposital sobre os modos mais básicos de sustentabilidade. Ou seja: aqueles que consideram que a interferência humana e tecnológica no ecossistema não pode comprometer a continuidade dele. De todo modo, conforme foram apresentadas, essas argumentações contraditórias entre si indicam, ao menos em parte, uma fratura entre as aspirações humanas que desejam produtos sustentáveis, tais como os orgânicos, e a forma de organização eficiente e assertiva do agronegócio (como visto no processo Haber-Bosch).

1.12 – Rede de interesses

Como redes de interesses normalmente se formam entre aquilo ou quem partilha posições similares, conforme preconizado pela teoria argumentativa desenvolvida por Mercier e Sperber (2011; 2017), dificilmente essas redes abrem caminho para verificação da coerência dos acontecimentos aos quais se vinculam. Afinal, até aquilo que torna os humanos únicos (a linguagem) evoluiu para melhorar a cooperação e a competitividade entre humanos e não-humanos, situação que não mantém nenhuma lógica relacional com a proposição de verdades sobre a realidade. Por isso as redes podem, de fato, tornar-se um campo fértil para lógicas relacionais que em longo prazo produzam desdobramentos impraticáveis para continuidade senão de toda ao menos de parte das espécies na Terra. A taxa de extinção de espécies animais no século XX, por exemplo, foi até 100 vezes maior do que teria sido normal sem o impacto das redes tecnológicas criadas posteriormente à Revolução Industrial, segundo estabelecem cálculos “extremamente conservadores” realizados pelo pesquisador Gerardo Ceballos (2015), da Universidade Nacional Autônoma do México. Mesmo assim, o autor desses cálculos acredita que “evitar uma decadência dramática da biodiversidade e a subsequente perda de atividades ecossistêmicas ainda é possível por meio de esforços de conservação intensificados. Mas essa janela de oportunidade está fechando rapidamente” (CEBALLOS, 2015).

Os desdobramentos disso na análise da ascensão do agrossistema digital, tema dos próximos capítulos, serão levados em conta no que tange a rede tecnológica agrícola. Vale antecipar, no entanto, que esta pesquisa não se apoia nos conceitos popularizados a partir de 1736 pelo matemático Euler (que demonstrou por meio de grafos e atratores como se pode planejar o cruzamento das sete pontes da cidade de Königsberg numa caminhada contínua sem passar duas

vezes por qualquer uma delas), que inspiraram as teorias de redes desenvolvidas entre as décadas de 1960 e 1990 para fundamentar os estudos de sistemas complexos interligados – conhecidos como mundo pequeno ou seis graus de separação –, cujas partes relacionadas estão sujeitas a diversos tipos de atratores (NEWMAN, BARABÁSI e WATTS, 2006). Seria reconfortante, de fato, por meio de grafos, poder fornecer um plano de ação ou detalhes precisos e exatos sobre a estratégia metodológica utilizada neste trabalho acadêmico para orientar o estudo das redes ecossistêmicas e tecnológicas criadas em torno da agricultura, clima, solo, máquinas, agricultores, código digital. Mas, infelizmente, não há uma resposta pronta para isso.

Não se deve, portanto, em nossa opinião, defender a construção de técnica apropriada para o estudo das redes, simplesmente porque esta não existe, uma vez que o conjunto reticular composto por redes de redes tende a um número de conexões não delimitáveis e infinitas que tornam cada recorte legítimo e arbitrário ao mesmo tempo e, por isso mesmo, jamais objetivo. É fundamental ressaltar que a rede se manifesta como o resultado de um conjunto de interações entre sujeitos (humanos e não-humanos), técnicas de informação e especialidades, cuja forma não é nem previsível nem definitiva. Tal condição a descreve não como um “objeto” de estudo, mas como uma específica condição habitativa de interação entre entidades (humanas e não-humanas, técnicas e territoriais) que passam a construir suas especificidades temporárias a partir de suas distintas interferências. O não-objeto “redes de redes” apresenta-se, portanto, como um ecossistema interativo. [...] Duas premissas são importantes nessa abordagem: a primeira é que, embora pensadas como um ecossistema, as arquiteturas interativas reticulares não devem ser abordadas através de uma concepção sistêmica, impossível de ser proposta dadas as suas características, mas através de uma particular concepção de ecossistema que as vê como uma meta-territorialidade ilimitada e ilimitável, como pensada por biólogos como Tansley [os quais a associam aos corais, por exemplo, uma condição habitativa que ao se alterar em função do ambiente muda também o *habitat*]. A segunda premissa é que, uma vez que não se torna precisamente delimitável, um ecossistema e sua arquitetura, não podem ser definidos (se não de forma arbitrária e decorrente de específicas necessidades) como um sistema complexo, articulado num conjunto de sub-partes integradas numa estrutura maior. [...] Neste sentido, esta abordagem pode ser descrita como “atópica” ou pós-geográfica [a semelhança dos fluxos oceânicos], enquanto relata não apenas uma navegação [pelas redes de redes e seus vários elementos], mas uma andança que acontece também no interior de nossa própria geografia (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 180-182).

Uma estratégia metodológica como a descrita por Di Felice, Torres e Yanaze (2012) já vem sendo adotada no estudo agrícola por meio de uma postura tecnográfica, todavia não ofereça também um plano preciso de trabalho. Segundo o departamento de desenvolvimento agrário e tecnológico da Universidade Wageningen da Holanda (JANSEN e VELLEMA, 2011), a tecnografia pode ser resumida como uma etnografia da tecnologia, cujo foco está na observação (até participante se possível) da performance das redes ecossistêmicas e tecnológicas rurais. Nesse sentido, a tecnografia se assemelha, porém, não é idêntica, a teoria ator-rede, cujo estado da arte foi descrito no livro *Ciência em Ação* do antropólogo, sociólogo e filósofo da ciência Bruno Latour (2000). Tendo em vista as ideias deste autor, a identificação dos vários tipos de

redes de interesses existentes no sistema científico, tecnológico e de inovação (CT&I) responsável pelo desenvolvimento, por exemplo, das sementes transgênicos e da agricultura digital, já permitiria conhecer a estrutura que as mantém e explicar as particularidades delas. Como sugere a ideia central da teoria ator-rede, nesse tipo de configuração um elemento importante – como o surgimento de uma “controvérsia” (VEIGA, 2007, p. 133), o falseamento da verdade ou outro fator dominante qualquer – acaba sempre emergindo como atrator, de maneira tão natural quanto fundamental, e possibilita traçar o mapa seguido pela rede.

Entre as partes indispensáveis envolvidas na manutenção ou falência desse modelo de configuração de rede proposto por Latour (2000) incluem-se, por exemplo, o capital financeiro, os equipamentos tecnológicos, pessoas educadas para as novas ideias e bons argumentos para sustentá-las. Para exemplificar uma das etapas de funcionamento disso, levando em conta um caso genérico de implantação bem sucedida de uma inovação qualquer, as seguintes trocas cognitivas e interações representam uma síntese dessa rede: no início do desenvolvimento da inovação o pesquisador responsável pela emergência da descoberta “mal consegue convencer alguém a usar seus argumentos”; no meio do processo de desenvolvimento da inovação o pesquisador já atraiu “suficientemente um número bem maior de pessoas, que estão empreendendo forças ao seu projeto”; por fim, na etapa de implantação da inovação, o pesquisador já compõe o “Conselho de Administração de várias empresas, comandando muitos comitês, e é fundador de várias associações que facilitam ao máximo a disseminação da inovação. O que era limitado ao laboratório de um homem, agora circula através de uma extensa rede mundial” (LATOURE, 2000, p. 263-265). Em outras palavras, essa rede de interesses tem o pesquisador como atrator, cuja condição hierárquica superior torna-se preponderante aos olhos da sociedade em relação aos demais elementos que compõem a rede.

A teoria ator-rede tem recebido muita atenção na análise de controvérsias como as que envolveram o lançamento dos transgênicos na agricultura (VEIGA, 2007) — tema que será discutido no Capítulo 2. Contudo, a maior parte dos problemas de pesquisa relacionados à rede tecnológica agrícola envolve níveis biofísicos, sociais e cognitivos que, embora incluam macro e microelementos interagentes importantes como vistos em outros sistemas da CT&I (dinheiro, equipamentos, pessoas educadas), são mais diversos e com grau de integralidade ainda mais nivelados na agricultura, tais como geografia, clima, pragas, vieses cognitivos. Isso inviabiliza o estudo e a identificação dos atratores mais relevantes para no agrossistema. A evidência disso ficará ainda mais patente nas etapas de digitalização da agricultura, tema discutido nos

Capítulos 3 e 4. Nesses processos, vegetais, “coisas, animais, pessoas têm assumido um formato digital, tornando-se não só informações, mas produzindo, ao mesmo tempo, conteúdos e dinâmicas conectivas, não agregadoras, que começaram a produzir novas substâncias híbridas e mutantes” (DI FELICE, 2017, p. 218).

As redes tecnológicas agrícolas, todavia, mantêm relações altamente reguladas tanto pela comunidade econômica internacional quanto por especificidades locais, estão sempre sujeitas a controvérsias incalculáveis relacionadas ao universo orgânico e inorgânico, cujo *status* ou condição hierárquica é difícil de evidenciar. Nesse contexto, a tecnografia, mais do que a teoria ator-rede, oferece especificidade maior para quem deseja compreender a integralidade das questões rurais, acompanhar seus desdobramentos ou simplesmente tentar observar as principais dinâmicas que emergem entre as partes envolvidas nelas. Mesmo não tendo como propósito esmiuçar em detalhes as diferenças entre a teoria ator-rede e a tecnografia, porém Jansen e Vellema (2011), em linha com o que é sugerido por outros autores como Di Felice (2017), não se furtam a dizer que:

Embora ambas compartilhem uma estrutura programática comum, essas metodologias [tecnografia e teoria ator-rede] diferem em sua compreensão da causalidade, na noção de poder e na ideia de uma realidade estratificada. Ao descrever os diferentes elementos de um sistema sociotécnico [agrícola], as relações entre os atores materiais e sociais não estão exclusivamente envolvidas no campo da teoria do ator-rede (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 175-176).

No meio rural, as trocas entre as partes que compõem a rede tecnológica agrícola ultrapassam as explicações internas à rede, nas quais os relacionamentos causais muitas vezes podem ser inferidos por meio de configurações de conhecimentos, habilidades e técnicas. No campo agrícola, fatores biofísicos e locais exógenos têm papel ativo nas controvérsias criadas em torno das redes tecnológicas. Essa multiplicidade de acontecimentos vinculantes inclui o emprego na atividade rural tanto de conhecimentos tácitos e populares quanto religiosos, científicos e até artísticos, políticos e filosóficos — e de todos os elementos ecossistêmicos envolvidos nisso tudo. Para estudar a natureza dessa linguagem complexa a tecnografia leva em conta que:

A agricultura integra a dimensão técnica (como o tipo de práticas de lavoura do solo que reduzem a erosão do solo) com a dimensão social e econômica (a maneira como os agricultores mobilizam e mantêm uma força de trabalho ou selecionam as culturas de acordo com as condições do mercado). Embora saibamos pesquisar cada uma dessas áreas separadamente, há pouco consenso sobre como projetar pesquisas que integrem os processos biofísicos e a determinação social das práticas tecnológicas envolvidas (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 169).

A tecnografia deve, dessa forma, explorar o máximo possível os fluxos e trocas de informações (cognitivas, materiais) entre objetos, pessoas, sistemas biofísicos (orgânicos e inorgânicos), principalmente aqueles vinculados ao avanço das novas tecnologias que marcam às diversas revoluções agrícolas e as consequências delas. Nesse sentido, “a tecnografia pode ser considerada como uma ciência social descritiva da tecnologia que examina a interação homem / máquina ou ferramenta” com o ecossistema (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 169). Assim como esses autores, emprega-se aqui o termo tecnologia no sentido de objetos técnicos, artefatos e linguagem – entendida como pensamento que, apoiado num instinto abduutivo, funciona como mecanismo de aquisição e transmissão de aprendizagem – que resultam da aplicação prática de descobertas populares, científicas etc. No caso da tecnografia, o interesse primário recai na explicação do impacto de uma tecnologia em seu momento de uso, principalmente, e as trocas cognitivas envolvidas nisso (veja mais sobre isso no Capítulo 4).

“Conclui-se que a tecnografia, ao integrar uma análise social de processos políticos, econômicos e culturais concretos”, como as observações em torno da evolução tecnológica e sua relação com o ecossistema, “permite avançar” mais do que a busca por atratores, conforme proposto pela teoria ator-rede, “nas explicações causais das dinâmicas tecnológicas” (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 169-170). Portanto, o foco principal da pesquisa tecnográfica recai nos processos ecossistêmicos, conhecimentos e habilidades envolvidos na tecnologia entendida como a capacidade humana de fazer. Isso já orientou a estratégia usada na parte final deste capítulo, como visto na descrição do processo Haber-Bosch. E vai orientar a observação de material intersemiótico sobre a performance tecnológica no ambiente rural nos próximos capítulos. Por exemplo: ao observar o ato familiar de semear milho num terreno árido do Nordeste brasileiro e os demais arranjos envolvidos nisso, tais como a valorização do sabor do alimento ou da palhada tanto para proteger a espiga de milho quanto para produzir artesanato; sistemas de escambo e comércio justo usados para trocar e comercializar sementes e outros vegetais; mitologias, conhecimentos científicos e religiosos associados ao plantio da cultura vegetal favorecida pela agricultura familiar, entre outros fatores.

CAPÍTULO 2

TECNOGRAFIA AGRÍCOLA

Este capítulo apresenta o afeto do homem pela cultura vegetal devido à proliferação de plantas como os cereais (milho, trigo). Religião, capitalismo e as finanças tiraram vantagem disso ao incentivar o crescimento da atividade agrícola. Assim, ampliou-se a produção de alimentos por meio da aceleração tecnológica, ao ponto de a fome ter se tornado um problema logístico e de renda e não de produção. Como consequência, verifica-se uma tendência a expulsar do campo parte dos produtores que não acompanham a aceleração tecnológica e a multiplicar a produtividade, não necessariamente de uma forma sustentável. Nesse quadro, discute-se a validade de se buscar uma lógica relacional mais equilibrada, que adote indicadores econômicos que organizem a cultura digital no campo de modo mais equitativo em vez de mais produtivo, como fortemente incentivado a partir de 1950 com a chamada Revolução Verde. Apresenta-se como isso pode se alinhar a ações que ampliam o comércio justo e a geração de valor pela agricultura familiar. Posicionamento preconizado pela Agenda 2030, iniciativa da Organização das Nações Unidas voltada à prosperidade das pessoas e do planeta por meio da criação de parcerias econômicas e de manutenção da paz mundial.

2.1 – Cultura vegetal e a securitização agrícola

A agricultura compreende um conjunto de operações, técnicas e métodos desenvolvidos para transformar “o solo natural para produção de vegetais e animais úteis ao homem” (PHILIPPSBORN, 1994, p. 35). Como linguagem humana, é eficaz para multiplicar alimentos por meio da cultura de plantas e criação de rebanhos que realizam trocas com os fluxos de energia, matéria e informação do sistema terrestre a fim de se desenvolver em sintonia com os processos biogeoquímicos, como estações do ano (conforme discutido no Capítulo 1). Hierarquicamente organizado, esse processo integra diversos elementos, como bacias hidrográficas, para constituir o que o professor do Centro de Política Ambiental da Faculdade de Ciências Naturais do Imperial College (Inglaterra) Sir Gordon Conway (2003) identifica como agrossistema (veja Figura 4).

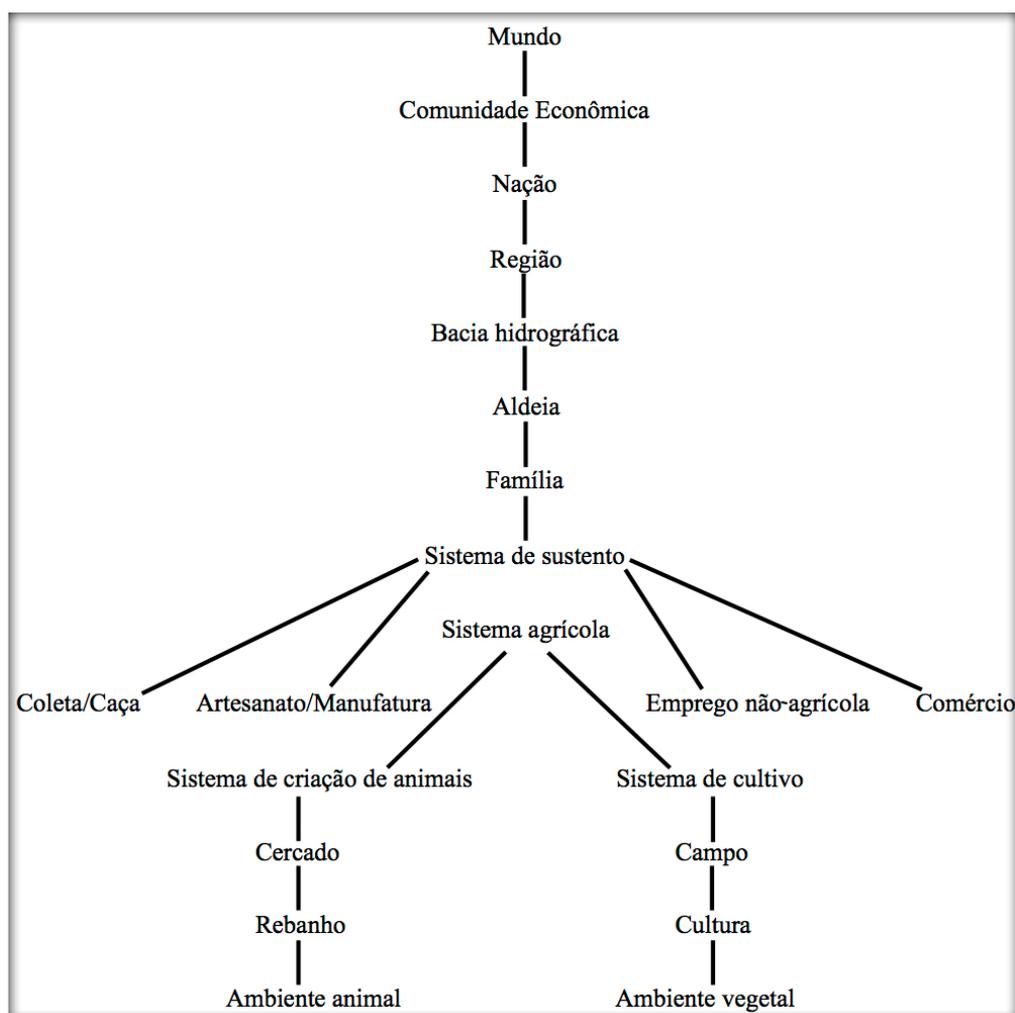


Figura 4 – Reproduz a hierarquia do agrossistema, “sistema ecológico e socioeconômico que compreende plantas e/ou animais domesticados e as pessoas que os manejam” (CONWAY, 1987 apud CONWAY, 2003, p. 197-198).

Para o propósito deste e dos próximos capítulos, o principal objeto de análise no agrossistema será a cultura vegetal, particularmente cereais e grãos como milho, trigo, soja. O cultivo de plantas compreende processos primitivos de tratamento do solo – como os adotados nos primórdios da “agricultura itinerante” por meio da queima da floresta para instalação da lavoura –, mas principalmente a chamada “agricultura superior”, caracterizada pela rotação de culturas, adubação verde e química, emprego da irrigação, manipulação de plantas, combate às pragas, uso de tecnologia em geral (PHILIPPSBORN, 1994, p. 35). O foco na cultura vegetal leva em conta que, em relação ao consumo de alimentos, “as principais fontes de calorias são os cereais, e as dietas de cereais que suprem calorias suficientes geralmente fornecem também proteínas suficientes” (CONWAY, 2003, p. 25). Vale ainda salientar, os grãos estão presentes nas dietas de engorda da criação dos rebanhos, haja vista que a ração de aves e bovinos confinados, por exemplo, fazem uso deles com o mesmo propósito nutricional das pessoas.

Para cumprir seus propósitos, os agrossistemas são orientados por uma ordem imaginada que, em sua maior parte, é dominada pela política econômica capitalista. Até 2018 pelo menos, esse acontecimento vinculante só é superado em grau de importância na hierarquia dos agrossistemas pelo mundo (Figura 4), aqui compreendido como ecossistema (veja mais detalhes no Capítulo 1). Numa apresentação sucinta, pode-se descrever o capitalismo por meio das seguintes características básicas: “forma de agir” ou “modo de produção” adotado por um complexo sistema político e social (mercado), que no decorrer da história se distinguiu por defender a “propriedade privada” (capital), processos racionais e “métodos diretos e indiretos” da iniciativa empresarial e pessoal para “valorização do capital e a exploração de oportunidades de mercado para efeito de lucro” (BOBBIO, MATTEUCCI e PASQUINO, 1992, p. 141).

A micro-história capitalista do agrossistema é construída por meio de diversos acontecimentos vinculantes que vão sendo descartados ou integrados ao longo do tempo conforme os vieses de confirmação em voga, em sintonia com as ideias defendidas por Mercier e Sperber (2011). Ou seja: a contínua verificação da coerência e da relevância daquilo que se acredita numa ordem imaginada (veja Figura 5). Entre os acontecimentos vinculantes agrícolas ainda ou já usados citam-se, por exemplo, as queimadas, a rotação de culturas, a monocultura, a agricultura familiar, as sementes estéreis a partir da segunda geração (Terminator). Tratam-se de formas ou estilos de produção que, vale assinalar, sofreram sua primeira e consistente guinada na transição da sociedade feudal e agrária, do século XVI, para a capitalista e industrial (BECK, 2011). Isso não ocorreu sem consequências para a sociedade como demonstra o surgimento, a partir daí, da onipresente sensação de que algo novo sempre está em vias de ocorrer no capitalismo, em função dos riscos imprevisíveis, mas inerentes, associadas às atividades capitalistas (crises econômicas, catástrofes ecológicas, desigualdade social).

Período	Sistema de sustento dominante	Diferenças / linguagens (interagentes no tempo)
Entre 12 mil e 8 mil anos	Caça e coleta	Vida predominantemente nômade, crenças animistas, manipulação do fogo, cultura oral
Entre 10 mil e 5 mil anos	1ª Revolução Agrícola	Manipulação das plantas e animais, crenças religiosas, surgimento das cidades, unidades habitacionais, domínio do fogo via fornos e chaminés, cultura oral, conhecimento artístico
Entre 6 mil até 400 anos atrás	1ª Revolução Agrícola	Arado, impérios, cultura escrita, conhecimento filosófico, invenção da imprensa, sistemas econômicos baseados na livre circulação de moedas e no incentivo ao consumo de diversos tipos de bens, início das Grandes Navegações
Século XVI a XIX	2ª Revolução Agrícola	Conhecimento científico, Estados Nação, Revolução Industrial leva implementos mecânicos ao campo (ceifadeiras, segadeiras), primeiros latifúndios, leis da hereditariedade e da fecundação artificial aplicadas às sementes, energia elétrica
Século XX	3ª Revolução Agrícola (a partir de 1950, colaborou para triplicar a população mundial. Ainda preponderante)	Cultura de massa, difusão de tratores, sementes híbridas, Revolução Verde, grande aceleração tecnológica, globalização, transgênicos, agroecologia, código digital
Século XXI	4ª Revolução Agrícola (previsão de evolução)	Sustentabilidade, equitatividade, Big Data, Inteligência Artificial, bitcoin, blockchain, cidade e agricultura inteligentes

Figura 5 - Revoluções agrícolas e principais características desses períodos. Organizado pelo autor com base em diversas fontes (PEDRO, 1985; CONWAY, 2003; SANTAELLA, 2003; HARARI, 2015; MATTHEWS, 2016).

A persistente sensação de mudança marca a chamada sociedade de risco (BECK, 2011). Mas se na época do lançamento original do conceito o risco mais evidente e atemorizador era o acidente nuclear de Chernobyl, ocorrido em 1986 na região onde está localizada a Ucrânia, na 4ª Revolução Agrícola em curso o risco mais nitidamente sentido é aquele que sempre está associado a qualquer fato novo que possa advir da cultura digital (*hacktivismo*, *day zero attack* entre outros, como será discutido nos Capítulos 3 e 4). Mas por ora, antes de avançar nas ocorrências relacionadas à transição da agricultura desde o seu surgimento até a virada para o século XXI, cabe destacar que o capitalismo passou a ser dominado pelas finanças. E nesse

âmbito, embora ainda produza alimentos fisicamente, criou mecanismos informativos digitais que externalizam “economicamente” para sociedade “os riscos ecológicos, químicos” e aqueles relacionados à biotecnologia ou à fome, de forma a deixá-los “individualizados juridicamente, legitimados cientificamente e minimizados politicamente” (GUIVANT, 2001, p. 95).

As finanças em si não são novidade: elas têm sido parte da nossa história há milênios. O que é novo e característico de nossa era é a capacidade de o mercado financeiro desenvolver instrumentos de enorme complexidade que permitam securitizar a maior variedade de entidades e processos conhecidos na história até agora. Além disso, avanços contínuos em redes e ferramentas digitais produzem efeitos multiplicadores aparentemente ilimitados. Essa ascensão das finanças é importante para a economia maior. Enquanto o negócio do sistema bancário tradicional é vender o dinheiro que o banco tem, o do setor financeiro é vender algo que não tem. Para fazer isso, o sistema financeiro precisa invadir – isto é, securitizar – setores não financeiros e obter seu material [mais precioso: o conhecimento] (SASSEN, 2016, p. 18).

A securitização da agricultura passa pela necessidade cada vez maior do crescimento da interação no campo, especialmente digital, entre produtores, fornecedores e o ecossistema para troca de conhecimento explícito e tácito inerente à atividade rural (veja mais detalhes sobre isso nos Capítulos 3, 4 e nas Considerações Finais). Nesse aspecto, de fato, o incentivo ao uso das redes tecnológicas digitais vale de forma geral para sociedade. Isso ficou patente desde o lançamento, há mais de 20 anos, do relatório *Knowledge-based Economy* distribuído pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1996). Esse relatório já defendia o poder de compartilhamento do conhecimento produzido nas atividades econômicas por meio das redes tecnológicas.

Desde então, os setores econômicos (e as finanças) fazem intenso uso das redes digitais para organizar um sistema colaborativo que aproveite ao máximo a autonomia dos indivíduos e do ecossistema. O risco adjacente é “a exclusão de cada vez mais pessoas, que [alheias a cultura digital] deixam de ter valor como produtores e consumidores”, acontecimento que já tem se manifestado por meio da “expulsão de milhões de pequenos agricultores em países pobres em decorrência de 220 milhões de hectares de terras adquiridos por investidores” (SASSEN, 2016, p. 11 e 19). Mas para não antecipar demais conclusões a esse respeito, as quais serão apresentadas principalmente no Capítulo 4 e nas Considerações Finais deste trabalho de pesquisa, cabe discutir a seguir as origens e os desdobramentos dos conhecimentos agrícolas ainda antes da disseminação das redes digitais no campo, tema apresentado no Capítulo 3.

2.2 – Domesticação das plantas e dos animais

Com o surgimento da linguagem há cerca de 30 mil anos, as pessoas tornaram-se capazes de criar padrões comportamentais ainda mais avançados para aprimorar o relacionamento entre elas e, também, com os ecossistemas a volta delas (veja Capítulo 1). Povos de caçadores-coletores que habitavam o Brasil há 6 mil anos já praticavam o manejo habilidoso de sementes selvagens de plantas que produziam frutos saborosos: batata-doce, cacau, açaí, castanha do Pará (LOPES, 2016). Isso permitiu que houvesse já naquela época a “seleção de plantas” (85 espécies ao todo) que distribuídas na forma de corredores na mata criaram “grandes pomares que existem hoje” na floresta, conforme trabalho realizado por cientistas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e holandeses, da Universidade Wageningen (LOPES, 2016, p. B5). Não obstante ainda fosse de natureza predominantemente local e descontínua, sistemas similares de seleção de plantas anteciparam o advento da agricultura e ocorreram em diversas outras partes do mundo, como China, América Central (PARKER, 1995; HARARI, 2015).

A 1ª Revolução Agrícola – caracterizada pelo preparo do solo para cultivar cereais domesticados, combate às pragas que atacavam as plantas úteis aos homens, surgimento das primeiras comunidades sedentárias –, aconteceu há cerca de 10 mil anos (MATTHEWS, 2016). Antes desse período da pré-história, porém já havia uso do fogo para realização de queimadas controladas na floresta a fim de manejar parte da vegetação, criar pontos de descanso e encontro utilizados por caçadores-coletores para trocar informações sobre o ambiente e itens valorizados, por exemplo, obsidianas, um tipo de rocha que pode ser fraturado para formar lâminas cortantes. Portanto, no sentido de sistema ou meio estabelecido para realização de trocas, é possível dizer que “as redes sociais são tão antigas quanto o surgimento da linguagem”, explica o professor de ciências da Comunicação na Universidade de Twente (Holanda) Jan van Dijk (2009, p. 21).

Homens e mulheres que viviam em pequenos bandos e tribos encontravam-se esporadicamente em lugares pré-estabelecidos e aproveitavam essas ocasiões para se comunicar com outros indivíduos e grupos com os quais criavam maior confiança, e também para extrair recursos das redondezas, como madeira e vegetais selvagens, ou seja, não cultivados, com finalidade construtiva ou alimentícia (HARARI, 2015). A iniciativa dessas relações e trocas entre pessoas e o meio ambiente ajudou a constituir as primeiras redes sociais das quais se têm conhecimento (VAN DIJK, 2009). A manutenção delas levava em conta aspectos biológicos – necessidade de realizar cruzamentos humanos não consanguíneos para perenidade da espécie humana – e também o desejo de fazer novas descobertas e conquistas materiais para melhorar as condições

de vida. Nesses eventos não só era trocada informação geral sobre o ecossistema como ainda crenças, “ervas, animais” (VAN DIJK, 2009, p. 22-23). À medida que se aproxima o fim da última idade do gelo na Terra, há cerca de 10 mil anos (PARKER, 1995), começaram a surgir as primeiras aldeias comunitárias nas quais os sistemas de trocas foram intensificados e diversificados.

A partir dessa época, surgem novas técnicas como o uso do fogo para gerar calor para aquecimento e produzir peças cerâmicas mais resistentes (MATTHEWS, 2016). Há cerca de 8 mil anos, já sob a influência da 1ª Revolução Agrícola, vestígios de tecnofósseis (sistemas de fornos, chaminés que sustentavam temperaturas ao redor de 800°C) foram encontrados na região central de Zagros, entre o Iraque e o Irã, considerada um dos berços da evolução humana (ZALASIEWICZ et al., 2014; MATTHEWS, 2016). Entre os achados há ambientes construídos para determinadas finalidades, como espaços para preparo coletivo de alimentos e para acomodar pequenos grupos de indivíduos. Há ainda evidências de lareiras instaladas em construções primitivas, além de vestígios da produção nessas edificações de materiais artesanais, bem como da realização de “encontros sociais e culturais”, conforme pesquisas arqueológicas e etnográficas conduzidas por Watson (1979 apud MATTHEWS, 2016, p. 126).

Cultivada nas regiões ainda frias da Terra em torno do calor do fogo, a capacidade de imaginação humana deu origem a novas linguagens, ao animismo, as mitologias (ou ordens imaginadas), ao surgimento do viés de confirmação e, também, foi fundamental para ampliar os vínculos com o ecossistema (veja Capítulo 1). Essas constatações são fortalecidas pelos mais de 250 trabalhos científicos publicados pelos participantes do *Lucy to Language* (PROJECT, 2003-2010). De estrutura multidisciplinar, o projeto *Lucy* refaz a trajetória desde o aparecimento do último ancestral em comum entre chimpanzés e humanos, há cerca de 5 milhões de anos, até, há 10 mil anos, o advento da agricultura, expressão inicial das dramáticas mudanças sociais, políticas e econômicas que continuam a afetar culturalmente a sociedade do século XXI. O percurso documentado por esses cientistas engloba o aumento gradativo da atividade cognitiva, de forma a acelerar a história evolutiva humana e tornar praticamente indistinguível nesse processo a participação da biologia e da psicologia.

O projeto *Lucy* envolveu cientistas dos mais variados campos do saber (historiadores, etnólogos, arqueólogos), liderados pelo professor de psicologia evolutiva da Oxford University Robin Dunbar (PROJECT, 2003-2010). O trabalho foi financiado por uma concessão de sete

anos da *British Academy*, órgão nacional do Reino Unido para as ciências humanas e sociais. O projeto *Lucy* ressalta o papel fundamental desempenhado pela manipulação do fogo, iniciada há cerca de 800 mil anos, na evolução das sociedades primitivas até, durante e após o surgimento da linguagem, há cerca de 30 mil anos. Ao dominar o fluxo e aplicação dessa forma primordial de tecnologia energética – ainda antes da manipulação das plantas e animais –, a cultura humana pode se defender de adversários, preparar alimentos mais nutritivos, transformar as paisagens, os materiais e estabelecer espaços de proteção e devoção que ampliaram a interação nas redes sociais pré-históricas.

Reconhecida como marco na transição das atividades nômades de caça-coleta para vida agrícola mais sedentária, no período entre 12 mil e 8 mil anos, a já citada região central de Zagros abriga uma série de indícios científicos sobre o domínio e impacto do uso do fogo no surgimento das comunidades agrícolas precoces (MATTHEWS, 2016). Os achados e resultados das pesquisas mencionadas tomam por base o uso dos métodos de datação radioativa para verificar a ocorrência natural e/ou cultural de vestígios de carbono em materiais calcinados. As conclusões desses trabalhos foram obtidas por meio de consideráveis evidências sobre a variação local no meio ambiente devido a estratégias ecológicas de acomodação humana e da domesticação de plantas na época analisada (ZALASIEWICZ et al., 2014; MATTHEWS, 2016).

Em estágios iniciais de ocupação, as árvores produtoras de madeira de lei e de oleaginosas, como pistache, não eram escolhidas como fonte para alimentar o fogo. “Isso indica que as estratégias de consumo de combustível” respeitavam a “conservação dos principais recursos construtivos e alimentares” nos locais de acampamento transitório em Zagros, utilizados como descanso e reabastecimento nos deslocamentos ainda preponderantes na vida nômade do homem primitivo (MATTHEWS, 2016, p. 130). Mas por volta de 10 mil anos já surgem indícios da manipulação de cereais e cabras, usados como fontes de alimentos, pelas primeiras comunidades sedentárias.

Antes da transição do período de caçadores-coletores nômades para a vida sedentária, quando se calcula que a população humana mundial era de “5 a 8 milhões” de pessoas, há 10 mil anos (HARARI, 2015, p. 107), até a efetivação das operações agrícolas, entre 8 mil e 6 mil anos, especula-se que a humanidade teria crescido cerca de “16 vezes” (PARKER, 1995, p. 30). Durante essa mudança, já sob o impacto da agricultura, as estratégias de seleção de combustíveis na região de Zagros passaram a incluir o esterco de animais domesticados,

madeira de árvores frutíferas e de lei para alimentar o fogo. Em concorrência com a atividade no campo, as castanheiras e outras árvores outrora úteis, “possivelmente, poderiam estar competindo pela mesma terra a ser usada para o cultivo de cereais” favorecidos pela nascente agricultura (MATTHEWS, 2016, p. 130).

Na relação com o ambiente em Zagros e em outras regiões, as pessoas teriam sido afetadas e influenciadas pelo volume e velocidade com que culturas favorecidas pela agricultura como trigo, arroz e outros grãos se reproduziam e prosperavam (CAMARGO, 2016b). Assim, teve início um processo que entre os séculos XVII e XX, com a inclusão de máquinas (tratores, colheitadeiras) e implementos mecanizados no campo (abastecedor de plantadeira, nivelador, sulcador), uso de adubos químicos na lavoura e outras práticas agrícolas expandiu as fronteiras do campo e o alterou profundamente. Mas muito antes disso, há milhares de anos, o acontecimento que assinalou o avanço da agricultura em detrimento das atividades de caça e coleta foi a vinculação do homem com as plantas tanto na região hoje ocupada pelos países Irã e Iraque quanto no Brasil. Relativamente fáceis de serem armazenadas e transportadas, as sementes garantiam o sustento em épocas de adversidade. Da mesma forma, brotavam sem maiores problemas quando derrubadas ou perdidas na superfície do solo durante o percurso, ao longo dos corredores criados rotineiramente na mata pelos caçadores-coletores.

Esse acontecimento vinculante, entre o homem e as sementes, teria despertado o interesse e o desejo humano pela cultura vegetal. Harari (2015) especula que o *Homo sapiens* interpretou que se ele trabalhasse um pouco mais o terreno, com a abertura de leitos para o plantio, irrigação do solo e remoção de pedregulhos e das ervas daninhas, a plantação prosperaria. Embora fosse mais cansativo revolver o solo e inserir as sementes na terra, aguçá-la e desempenhar todas as demais operações, métodos e técnicas relacionados às atividades agrícolas – combater as pragas, desenvolver mudas de plantas –, o *Homo sapiens* entendeu que esse estilo de vida, embora monótono e sofrido, permitia gerar mais filhos. E a prolificidade está diretamente ligada à permanência como espécie, já que “a moeda da evolução não é fome nem dor, e sim cópias de hélices de DNA. Se não restam mais cópias de DNA, a espécie está extinta, assim como a empresa sem dinheiro está falida” (HARARI, 2015, p. 93).

A intenção dos melhoradores genéticos do século XXI é similar a dos agricultores de cerca de 10 mil anos atrás (FAO, 2003-2004). “Durante milhares de anos, o melhoramento das plantas e animais foi um assunto familiar, realizado na moradia rural em sua volta por homens e

mulheres que usavam regras simples e básicas apoiadas na intuição, na própria experiência e no conhecimento transmitido de uma geração para outra” (CONWAY, 2003, p. 169). A domesticação convencional das plantas depende da aplicação de princípios genéticos tradicionais baseados nas características físicas das sementes, a fim de obter cultivares com determinadas qualidades e que têm como ponto de partida exemplares selvagens. Entre as características desejadas nas sementes citam-se “resistência a pragas e doenças, tolerância à seca, melhor qualidade para moagem ou sabor” (CONWAY, 2003, p. 170).

Essas escolhas são feitas levando em conta inúmeros ciclos de seleção das plantas que melhor se adaptam ao cultivo (CONWAY, 2003). Aproveita-se, então, a variação biológica natural dos organismos obtidos a cada safra para selecionar as plantas consideradas mais aptas para o cultivo futuro. Mas são necessárias inúmeras gerações, ou seja, longos períodos de tempo, até se alcançar os resultados esperados. Processos que são acelerados com a introdução das sementes híbridas e dos transgênicos, discutidos mais à frente neste capítulo. Os mesmos cuidados também valem para criação de rebanhos, formados por animais domesticados como cabras, bovinos, suínos e aves. Para ter uma ordem da diversidade desse setor de domesticação de espécies vegetais em relação ao milho, “a FAO [*Food and Agriculture Organization*] estima que existam no mundo cerca de 6 milhões” de germoplasmas armazenados “em mais de mil bancos de genes” (CONWAY, 2003, p. 173).

Com a efetivação das comunidades agrícolas, que manipulavam sementes de plantas e rebanhos, os indivíduos também começaram “a acumular propriedade privada” e a organizar em volta das áreas rurais os primeiros agrupamentos humanos que são os protótipos das atuais cidades e estados modernos (HARARI, 2015, p. 68).

Cerca de 6000 anos atrás, as redes locais de assentamentos cresciam em teias metropolitanas ou de cidades. Elas serviam como armazéns dos bens [produzidos no campo], informações e focos de infecções [como doenças respiratórias (Matthews, 2014)]. Assim, foram criadas as primeiras civilizações da Mesopotâmia, Egito, sul da Ásia, Rio Amarelo (China), México e Andes. Essas civilizações estabeleceram conexões entre milhares e depois entre milhões de pessoas. Esta foi a primeira vez na história que pessoas realmente estranhas permaneceram ligadas umas as outras. “As relações-chave e as transações cotidianas importantes transcendiam rotineiramente as comunidades primárias nas quais as pessoas haviam vivido anteriormente” [segundo informações baseadas no livro *The Human Web: A Bird's-eye View of World History*, de McNeill & McNeill, 2003, p. 41]. Essas civilizações eram conectadas por caravanas de animais de transporte através da terra e por navios ao longo das costas marítimas e rios. A terceira rede social humana ocorreu no Velho Mundo e surgiu a partir do contato entre e fusão parcial de civilizações na Eurásia e no norte da África, há cerca de 2000 anos. Marcaram o surgimento dos grandes impérios burocráticos na Índia, na China, no Mediterrâneo (Grécia e Roma), no México e nos Andes.

Transportes e comunicações melhoraram consideravelmente com a invenção e propagação dos veículos sob rodas, melhores estradas, embarcações com maior capacidade e a escrita alfabética (VAN DIJK, 2009, p. 22).

“A partir da escrita foi encontrado o caminho para o incremento gradativo da memória para fora do corpo biológico: o ser humano começou, desde então, a povoar a natureza não só com os rebentos que procria de si mesmo, mas também com as linguagens que não cessa de produzir, reproduzir e multiplicar” (SANTAELLA, 2015/2016, posição 171). Informações sobre resultados e estoque das safras estão entre os primeiros registros de documentos escritos (HARARI, 2015). Há cerca de 2500 anos, época em que houve o aperfeiçoamento do sistema da escrita cuneiforme, o outrora preponderante animismo também começa a perder lugar para outros sistemas de crenças mais sofisticados. Conforme discutido no subcapítulo Mitos e Ordens Imaginadas do Capítulo 1, a agricultura teve uma parcela de participação nisso. Os primeiros produtores agrícolas “possuíam e manipulavam plantas e animais e dificilmente se rebaixavam ao negociar suas posses. Portanto, o primeiro efeito religioso da Revolução Agrícola foi transformar as plantas e os animais de membros iguais de uma mesa-redonda espiritual em propriedade” (HARARI, 2015, p. 220).

Com o enfraquecimento do animismo, após a etapa inicial da 1ª Revolução Agrícola, “a liturgia religiosa consistiu principalmente em humanos sacrificando cordeiros e ofertando-os com pão e vinho aos poderes divinos, que, por sua vez, prometiam colheitas abundantes e rebanhos fecundos” (HARARI, 2015, p. 220). Desse processo surgiu as primeiras religiões politeístas e, posteriormente, monoteístas, como as cristãs. Com elas surgiram também as primeiras tensões à medida que as redes sociais, mais estruturadas por diversas ordens imaginadas tanto pela cultura escrita quanto pelo conhecimento religioso e filosófico, espalharam-se pelo planeta e se universalizaram. Como resultado, a paisagem selvagem entrou em conflito com a civilização e foi subjugada pela evolução da atividade rural e urbana devido a particularidades das novas linguagens, hábitos e costumes que passaram a vigorar em função das diferenças evidentes de propósitos estabelecidos entre civilização e vida selvagem.

2.3 – Manifestações do Antropoceno

Como discutido no subcapítulo anterior, desde o surgimento há cerca de 10 mil anos, a atividade agrícola desempenha um papel importante na formação das paisagens, alteração dos sistemas terrestres e distribuição da vegetação. Isso torna o surgimento da agricultura um forte candidato a demarcar o início do Antropoceno (STYRING et al., 2016), termo associado à complexa

interferência da tecnosfera na Terra, a qual já deixou uma marca geológica no planeta que se acentua rapidamente desde os anos 1950, segundo descrição e origem apresentadas durante o *35th International Geological Congress*⁸, realizado em 2016, cujas conclusões serão destacadas mais à frente neste subcapítulo. A manifestação da consciência em torno do Antropoceno, de acordo com o historiador e professor emérito de Geografia da University College de Londres David Lowenthal (2016), começou a surgir em 1864 com o lançamento do livro *O Homem e a Natureza* de George Perkin Marsh (1801-1882). A obra se baseia nas primeiras discussões e evidências mais amplas sobre o impacto no sistema terrestre ocasionado pela rede tecnológica agrícola imaginada e desenvolvida para domesticar os animais e as plantas a favor da vida humana. Diplomata norte-americano, Marsh levou em conta nas suas observações modificações geográficas vistas durante viagens a trabalho realizadas na Europa e nos Estados Unidos.

Todavia adote um viés científico na maior parte da sua obra, Marsh (1864) não se omite em citar que como propulsor e avalista das mudanças na Terra está o “santificado comando bíblico”, usado para “subjugar o resto da criação de Deus” (apud LOWENTHAL, 2016, p. 52). Adotada como epígrafe no livro de Marsh (1864), essa ideia foi transmitida no Sermão sobre o Poder de Uma Vida sem Fim do pastor e teólogo liberal norte-americano Horace Bushnell (1802-1876). Segundo este pregador, embora ainda longe do “domínio perdido no Éden com a Queda de Adão”, o redentor poder divino melhorado voltou a ser atribuído ao homem, e após isso acontecer, “nem todos os ventos, tempestades, terremotos, mares e estações do mundo fizeram tanto para transformar a Terra como o HOMEM” (BUSHNELL apud MARSH, 1864; LOWENTHAL, 2016, p. 52). Assim, por inúmeras gerações a ação humana tem modificado a Terra, superando já no século XIX, com as bençãos de Deus, as mudanças causadas por grandes eventos naturais.

Mas não é só o desígnio divino que justifica os atos dos homens por meio de um sistema de normas e valores imaginados para respaldar um certo poder sobrehumano em relação ao ecossistema. A história tem testemunhado “a ascensão de uma série de religiões baseadas em leis naturais, como o liberalismo, o comunismo, o capitalismo, o nacionalismo e o nazismo. Esses credos não gostam de ser chamados de religiões e se referem a si mesmos como ideologias. Mas esse é apenas um exercício semântico” (HARARI, 2015, p. 236). Até o próprio conservacionismo radical – que no século XXI integra a ação de grupos seculares na defesa dos

⁸Disponível em: <<http://bit.ly/2JyjmIj>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

direitos das plantas e dos animais por meio de noções científicas, como a defesa da agricultura orgânica apresentada no Capítulo 1 –, apoia-se em ideologias e conhecimentos imaginários idênticos ao comando bíblico e àqueles usados pelos impérios ou ordens econômicas criticadas pelos conservacionistas.

“Uma das coisas que tornaram possível que as ordens sociais modernas se mantenham coesas é a disseminação de uma crença quase religiosa na tecnologia e nos métodos da pesquisa científica, que, em certa medida, substituíram a crença em verdades absolutas” (HARARI, 2015, p. 264). A ciência moderna usa a matemática para construir sua narrativa, baseada principalmente nos Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, obra publicada em 1687 por Isaac Newton, que “apresentou uma teoria geral do movimento e da mudança” (HARARI, 2015, p. 265). Mas, acima de tudo, a ciência diferencia-se de todas as linguagens e conhecimentos anteriores por sua disposição em “admitir ignorância” sobre a realidade, incentivar à observação dos fenômenos para extrair informações úteis deles e acumular “novas capacidades” por meio do desenvolvimento de inovações (HARARI, 2015, p. 261). Os avanços proporcionados pela confiança nesses três aspectos levaram a humanidade a terceira revolução mais importante de sua história, a Revolução Científica, cuja face mais evidente é a chamada Revolução Industrial.

O resultado foi uma explosão na produtividade humana. A explosão se fez sentir, em primeiro lugar, na agricultura. Geralmente, quando pensamos na Revolução Industrial, pensamos em uma paisagem urbana de chaminés fumacentas, ou no sofrimento dos mineradores de carvão explorados transpirando debaixo da terra. Mas a Revolução Industrial foi, acima de tudo, a 2ª Revolução Agrícola. Durante os últimos 200 anos, os métodos de produção industrial se tornaram o sustentáculo da agricultura. Máquinas como tratores começaram a assumir tarefas que antes eram executadas por energia muscular, ou simplesmente não executadas. Os campos e os animais se tornaram muitíssimos mais produtivos graças a fertilizantes artificiais, inseticidas industriais e todo um arsenal de aditivos e medicamentos. Refrigeradores, navios e aviões tornaram possível armazenar a produção durante meses e transportá-los de maneira rápida e barata ao outro lado do mundo. Os europeus começaram a se alimentar de carne fresca argentina e *sushi* japonês. Até mesmo plantas e animais foram mecanizados. Mais ou menos na mesma época em que o *Homo sapiens* foi elevado a um *status* divino pelas religiões humanistas, os animais de criação deixaram de ser vistos como criaturas vivas capazes de sentir dor e sofrimento e passaram a ser tratados como máquinas (HARARI, 2015, p. 351-352).

Há conexão, portanto, entre o conhecimento religioso e o de outras ordens imaginadas criadas pelo homem para justificar suas atitudes. Especialmente no que tange a valorização da vontade humana na Terra sobre as demais espécies. Sem desdenhar do poder persuasivo desses discursos, no entanto, é oportuno refletir sobre a abrangência do impacto da ação física do homem na configuração da Terra. “Não há dúvida de que os processos antropogênicos” como a agricultura ocasionam efeitos planetários enormes, porém é preciso levar em consideração

que isso ocorre em “interação com outros processos e espécies”; ou seja: “nenhuma espécie, nem mesmo a nossa arrogante espécie, fingindo ser integrada por bons indivíduos nos chamados roteiros ocidentais modernos, age sozinha; redes de espécies orgânicas e outros atores abióticos fazem história, do tipo evolucionário e de outros tipos também” (HARAWAY, 2015, p. 159). Haja vista, por exemplo, a elevação desordenada dos níveis de oxigênio por cianobactérias, ocorrida entre 3,8 bilhões e 2 bilhões de anos, cuja poluição oxigenante provocada na época fez desaparecer inúmeras bactérias anaeróbicas com impactos duradouros para história da vida na Terra (VEIGA, 2012) — saiba mais sobre isso consultando o Capítulo 1.

Mas apenas uns poucos visionários, como São Francisco de Assis (1182-1226), talvez tenham tido a coragem de criticar os benefícios da dominação do ecossistema pelo homem concebidos pelo triunfalismo religioso e/ou pela ordem imaginada pelo capitalismo. Afinal, “até bem recentemente [no século XIX], a natureza selvagem era temida fisicamente, sendo socialmente perigosa e moralmente corruptora. Para proporcionar segurança e a plenitude da vida social, a natureza tinha de ser domada e cultivada” (LOWENTHAL, 2016, p. 53). Dessa forma, a divulgação pioneira das ideias de Marsh (1864), nas quais já se observava a manifestação da consciência ecológica sobre os impactos das transformações provocados no ecossistema, assinala o início da maior atenção sobre as marcas da vida humana deixadas na Terra. Nas mudanças da paisagem em escala planetária incentivadas pela religião e pelo avanço da rede tecnológica agrícola estaria as origens do Antropoceno. Mas antes de avançar nas discussões sobre isso é necessário advertir mais uma vez que:

Antropoceno pode significar apenas a eliminação da maioria dos refúgios nos quais diversas espécies (com ou sem a participação dos homens) poderiam ser reconstituídas após grandes eventos (como a desertificação...) [...]. O Holoceno foi o longo período [geológico] em que os refúgios, lugares de refúgio, ainda existiam e abundavam, para sustentar a globalização da diversidade cultural e biológica. Talvez a indignação que merece um nome como Antropoceno seja sobre a destruição de lugares e tempos de refúgio para pessoas e outras criaturas. Eu, junto com outros, acho que o Antropoceno é mais um evento de fronteira do que uma Época [...]. O Antropoceno marca severas discontinuidades; o que vem depois não será como o que veio antes. Acho que o nosso trabalho é tornar o Antropoceno o mais curto possível, e cultivar um ao outro de todas as maneiras imagináveis, que possam reabastecer o refúgio. Neste momento, a Terra está cheia de refugiados, humanos e não-humanos, sem refúgio (HARAWAY, 2015, p. 159-160).

Mesmo entre os especialistas, assim como manifestado por Haraway (2015), não há opinião unânime de que o Antropoceno seria uma Época. Isso pode ser apurado durante o 35th *International Geological Congress*, realizado na África do Sul entre 27 de agosto e 4 de setembro de 2016, durante votação organizada pelo Grupo de Trabalho sobre o Antropoceno

(AWG na sigla em inglês), responsável por discutir e apresentar provas e recomendações provisórias sobre a existência desse novo intervalo geológico potencial. Conforme conclusões tiradas pelos integrantes desse grupo de trabalho (ZALASIEWICZ et al., 2016), a agricultura até teria contribuído para a origem do Antropoceno, especialmente por atuar na ampliação da concentração de componentes químicos no ecossistema a partir de 1950, porém não de maneira preponderante ou singular. Nesse sentido, o resultado final do escrutínio entre os 35 integrantes do AWG indica o seguinte:

Resultados do AWG (35 membros votantes):

- O Antropoceno é estratigraficamente real? Sim, para: 34, Contra: 0, Abstenção: 1.
- O Antropoceno deveria ser formalizado? Sim, para: 30, Contra: 3, Abstenção: 2.
- Nível Hierárquico do Antropoceno? Era: 2, Período: 1,5, Época: 20,5, Subépoca: 1, Idade: 2, Subidade: 0, Nada: 1, Incerteza: 3, Abster-se: 4.
- Base / início do Antropoceno? [...] aproximadamente 1950: 28,3, aproximadamente 1964: 1,3, ao longo do tempo: 4, Incerto: 0, Abstenção: 0 [...]
- Qual é o sinal primário? alumínio: 0, plástico: 3, partículas de cinzas de combustível: 2, concentração de dióxido de carbono: 3, concentração de metano: 0, alteração do isótopo de carbono: 2, variação do isótopo de oxigênio: 0, pico de bomba de radiocarbono: 4, precipitação de plutônio: 10, concentração de nitrato / mudança de isótopo de nitrogênio: 0 [...] outros (chumbo, poluentes orgânicos persistentes, tecnofósseis): 3, incerto: 2, abstenção: 6 (ZALASIEWICZ et al., 2016).

Em linhas gerais, além do escrutínio reproduzido acima, os 35 integrantes do AWG ainda deliberaram sobre os seguintes pontos principais:

- O conceito de Antropoceno, como articulado por Paul Crutzen e Eugene Stoermer (2000), é geologicamente real. O fenômeno é de escala suficiente para ser considerado como parte da escala de tempo geológico.
- Se o Antropoceno for adotado como uma Época geológica, isso significaria que o Holoceno terminou, mas que permanecemos dentro do Período Quaternário e da Era Cenozóica da história da Terra.
- As mudanças no sistema terrestre que caracterizam a potencial Época antropocênica incluem acelerações acentuadas nas taxas de erosão e sedimentação, perturbações químicas em grande escala aos ciclos de carbono, nitrogênio, fósforo e outros elementos, o início de mudanças significativas no clima global e no nível do mar, além de mudanças bióticas, como níveis sem precedentes de invasões de espécies alheias a determinados ecossistemas. Muitas dessas mudanças são geologicamente duradouras, e algumas são efetivamente irreversíveis.

- O impacto humano na Terra deixou traços discerníveis no registro estratigráfico há milhares de anos — de fato, desde antes do início do Holoceno. No entanto, mudanças substanciais e aproximadamente globais e síncronas no sistema terrestre intensificaram-se com maior intensidade na Grande Aceleração de meados do século XX (STEFFEN et al., 2015). Esse momento histórico coincide também com o conjunto mais distintivo dos sinais imprimidos em estratos geológicos recentemente depositados.

Os gráficos alusivos à Grande Aceleração, mencionados pelos integrantes do AWG e originalmente publicados em 2004 para mostrar as tendências socioeconômicas e de mudanças climáticas e geográficas do sistema terrestre de 1750 a 2000, foram atualizados para 2010 por Steffen et al. (2015). A característica dominante das tendências registradas pelos gráficos é que a atividade econômica continua a crescer em ritmo acelerado. Entre as 12 tendências socioeconômicas mapeadas citam-se o crescimento exponencial a partir de meados do século XX do investimento estrangeiro direto – por exemplo: estoque de terras agriculturáveis por investidores estrangeiros em diversos países (SASSEN, 2016) –, população urbana, consumo de fertilizantes, uso de água. No entanto, uma vez separados os dados dos gráficos entre países ricos e em desenvolvimento torna-se evidente que questões de equidade são mascaradas quando se leva em conta apenas as consolidações globais desses dados.

Uma das tendências mais importantes de todas é a rápida taxa de urbanização. A transição da vida rural para a urbana começou sua ascensão contemporânea nos anos 1800 e a taxa tem aumentado rapidamente desde então, crescendo mais agudamente em torno de 1950 e continuando até o presente. Por volta de 2008 a humanidade ultrapassou um marco histórico: mais de 50% da população mundial agora vivem em áreas urbanas. Na atual trajetória haverá mais áreas urbanas construídas durante as três primeiras décadas do século XXI do que em toda a história anterior combinada. Os indicadores do sistema terrestre, em geral, continuaram o seu crescimento pós-industrial a longo prazo, embora existam algumas variações interessantes. As concentrações atmosféricas dos três gases do efeito estufa de longa duração – dióxido de carbono, óxido nitroso e metano – aumentaram durante a última década do século XXI, embora o metano de maneira mais lenta que os outros dois. O aumento da concentração de dióxido de carbono ocorre de forma associada ao aumento da utilização de energia primária e do PIB, não mostrando sinal de qualquer dissociação significativa das emissões, quer do consumo de energia quer do crescimento econômico. O metano atmosférico estabilizou no final da década de 1990, [...] mas o *Intergovernmental Panel on Climate Change* relata que o aumento recente é provavelmente causado por altas temperaturas no Ártico e aumento da precipitação nos trópicos (STEFFEN et al., 2015, p. 89).

A maior parte do crescimento mundial da população, a partir de 1950, ocorre fora dos integrantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), porém a economia mundial (levando em conta dados do Produto Interno Bruto, PIB) e, portanto, o consumo, ainda é fortemente dominada pelos países integrantes da OCDE. Mas de maneira

geral, “os indicadores do sistema terrestre continuaram o seu crescimento pós-industrial em longo prazo, embora alguns, como a concentração atmosférica de metano e a perda de ozônio estratosférico, tenham apresentado uma estabilização lenta ou aparente na última década” (STEFFEN et al., 2015, p. 81). Por sua vez, a aceleração pós-1950 nos indicadores do sistema Terra permanece clara. “Assim, de todos os candidatos para uma data de início para o Antropoceno, o início da Grande Aceleração é de longe o mais convincente de uma perspectiva da ciência do Sistema de Terra” (STEFFEN et al., 2015, p. 81). Mesmo assim, do ponto de vista da atividade agrícola,

está bem entendido que a agricultura intensiva e a urbanização maciça alteraram imensamente a natureza inorgânica e orgânica. Esses danos, quer sejam uma consequência pretendida ou não de “melhoria”, foram exclusivamente voltados para fins planejados e tecnologicamente acelerados em escala e ritmo. No entanto, além de seus impactos estéticos e sanitários, a agência humana adversa foi até os últimos séculos apenas minimamente observada e registrada no momento de sua ocorrência. E nas situações em que se observavam preocupações, como em decretos voltados a proteger a escassez de suprimentos de madeira para frotas navais ou para eliminar epidemias, isso ocorria de maneira localizada e episódica. Problemas de desmatamento, exaustão do solo e saneamento não eram desconhecidos na China antiga e no império romano primitivo, mas só começaram a ganhar consciência geral em meados do século XIX (LOWENTHAL, 2016, p. 54).

Na área rural, a exaustão do solo é atribuída a mudanças ambientais de cunho antropogênico obtidas de forma rápida, muitas vezes imprevista, associadas a práticas deliberadas de uso da terra (COLLIER e DEVITT, 2016). Isso pode ser caracterizado pela chegada ao longo do tempo de diferentes técnicas produtivas, associadas a conjuntos de espécies, vegetais e animais, e a grande extensão territorial desse processo no campo. Como será mais bem apresentado nos próximos subtítulos deste capítulo, este processo foi intensificado no século XX com a redução do uso da rotação de culturas (alternar as plantas cultivadas depois de cada nova safra, com o objetivo de evitar exaurir o solo) e da adubação verde que, por meio do plantio direto, reproduz o acúmulo natural de folhas e ramos em decomposição na superfície do solo das florestas e bosques (serrapilheira).

Houve ainda a separação das áreas voltadas à produção animal e vegetal. Essas mudanças conduziram ao aparecimento de sistemas agropecuários intensivos. Após a segunda Guerra Mundial, esse fenômeno ganhou escala e velocidade com a difusão de processos artificiais e químicos como o Haber-Bosch, tecnologia utilizada na produção dos fertilizantes e que se assemelha ao ciclo do nitrogênio realizado pelas bactérias na natureza, explicado no Capítulo 1. A atividade agrícola passa, assim, a depender cada vez menos dos recursos locais e

descontínuos (associados às estações do ano), e cada vez mais de fatores universais e contínuos como uso de tratores, colheitadeiras, fertilizantes, sementes geneticamente melhoradas, insumos em geral produzidos pelas agroindústrias. A derrocada da comunidade religiosa Shaker é um signo disso.

2.4 – Religião, cultura Shaker e extensão rural

O vínculo entre religião e agricultura, que resultou nas primeiras crenças politeístas e, posteriormente, monoteístas, como as cristãs, é um acontecimento cujos reflexos ainda são sentidos no campo. Sobre isso é interessante deter-se um pouco mais para avaliar o gradativo desaparecimento da cultura Shaker devido, entre outros fatores, à concorrência com a indústria de sementes comerciais (PAINE, 1993). E, sumariamente, citar também o estilo de vida das comunidades Amish e Menonita, que preservam na América, em pleno século XXI, as características da época da primeira e da segunda revoluções agrícolas, mantendo-se alheias à maior parte dos avanços tecnológicos como a mecanização rural (WITMARSUM, 2009; AMISH, 2012; MENONITAS, 2013).

Amish e Menonita, embora ambas mantenham suas culturas desvinculadas entre si, são comunidades originalmente formadas no século XVI na Europa por cristãos anabatistas, cujo batismo só ocorre na idade adulta e por vontade própria (WITMARSUM, 2009; AMISH, 2012; MENONITAS, 2013). Pacifistas convictos, seus integrantes não portam armas e privilegiam o uso de charretes e tração animal para locomoção pessoal, transporte de produtos e atividades em geral. Mais expansivos no relacionamento com pessoas de fora da comunidade, os Menonitas se espalharam por diversos países como Paraguai e Brasil. Por sua vez, os Amish vivem mais isolados nos Estados Unidos, nos estados da Pensilvânia e Ohio. Os dois grupos têm características patriarcais e, contrários à contracepção, põem a agricultura no centro da vida de suas grandes famílias. Não obstante o sistema de trabalho no campo sofrer pequenas variações entre as diferentes comunidades, a maior parte delas proíbe em menor ou maior grau o uso de carros com motor à combustão, equipamentos elétricos, máquinas agrícolas com autopropulsão, computador, ensino universitário. Fazem isso não por considerar os benefícios da tecnologia desprezíveis, porém por acreditar que as inovações têm potencial desagregador para cultura deles, enfraquecendo os laços comunitários.

Reconhecida por sua habilidade na confecção de móveis, utensílios para jardinagem e outros itens domésticos, a comunidade Shaker é um outro grupo de caráter religioso originário da

Europa, especificamente da Inglaterra. Estabelecidos entre os séculos XVIII e XIX nos Estados Unidos, os Shakers estenderam seus conhecimentos muito além da marcenaria, mas com atenção especial para o ramo agrícola (PAINE, 1993). Com um estilo de vida comunitário pregavam o celibato e seguiam os ensinamentos de uma matriarca, identificada como Mãe Ann Lee, cujo lema era “Mãos para trabalhar, corações para Deus” (PAINE, 1993, p. 375-376). Com esse perfil que remete à tradição religiosa no campo defendida pelo pastor Bushnell (MARSH, 1864), os Shakers se destacaram na atividade rural pela variada gama de sementes vegetais que produziam e comercializavam de forma independente. “Durante a primeira parte do século XIX, vendedores ambulantes Shakers foram uma das poucas fontes de sementes de produtos hortícolas para pequenos produtores americanos” (PAINE, 1993, p. 375).

As vendas de sementes constituíam a maior parte da renda das comunidades Shakers. A doutrina deles incentivava a excelência e a integridade em todas as práticas comerciais. Essas características foram em grande parte responsáveis pelo sucesso dos Shakers na indústria de sementes, bem como pelo seu declínio final. Empreendimento criado nas raízes agrícolas dos Shakers, o negócio das sementes tinha como clientes agricultores das pequenas comunidades rurais nos Estados Unidos. Assim, a indústria de sementes Shaker se desenvolveu independentemente das forças de mercado que governam “o mundo” (PAINE, 1993, p. 375).

Os Shakers separavam as sementes, classificavam e as catalogavam em pequenos envelopes conforme as características delas (GITELMAN, 2015). A maior parte dos seus produtos, como móveis, mas principalmente as sementes, era comercializada por caixeiros viajantes membros da comunidade religiosa, “que estabeleceram rotas em todo o nordeste dos Estados Unidos” para vender esses bens “de porta em porta, de aldeia a aldeia” (PAINE, 1993, p. 378). Impregnada de conteúdo moral e religioso, a imagem e a evidência física das sementes catalogadas de acordo com a diversidade delas para serem vendidas em pacotinhos também reflete a existência de um tipo de afeto ou comunicação, nem sempre visível, entre o homem e o ambiente (CAMARGO, 2016b). Mas, acima de tudo, as sementes se tornaram por meio da cultura Shaker uma expressão transparente e admirada como os livros, “já que ambos são vendidos por seus títulos” (GITELMAN, 2015).

A indústria de sementes comerciais, com sede na Filadélfia (a partir das primeiras décadas do século XIX) e a indústria de sementes Shaker tiveram pouco efeito uma na outra até meados daquele século, quando a melhoria do transporte e do serviço de correio abriu os mercados rurais para as concessionárias de sementes comercialmente sediadas na região urbana. Ao evitar competir com comerciantes profissionais, a indústria de sementes Shaker diminuiu gradualmente até a virada do século XIX, quando deixou de existir como era (PAINE, 1993, p. 375).

O estilo de venda porta-a-porta, no entanto, continuou a influenciar as decisões comportamentais adotadas pelas pessoas tanto no campo quanto nas cidades (VALENTE, THESENVITZ e LOMBARDO, 2006). Isso se manifesta por meio da permanência do poder de persuasão da tradição oral, da comunicação boca-a-boca, nas relações agrícolas. O tema foi levantado pela primeira vez em 1927, nos Estados Unidos, em estudo sobre a difusão das sementes de milho híbrido em duas comunidades no estado do Iowa (RYAN e GROSS, 1950). Produzido por meio de duas linhagens puras, a semente híbrida resulta numa planta de maior produtividade e qualidade em sua primeira geração, porém se o agricultor a plantar novamente vai obter, nos sucessivos cultivos posteriores, exemplares com expressão irregular, diferente do comprado pela primeira vez. O menor rendimento já na segunda tentativa de plantio leva o produtor a adquirir novas sementes do vendedor. Esse acontecimento não ocorre nas variedades tradicionais, adaptadas às mudanças climáticas regionais, e que atravessam gerações pelas mãos dos agricultores expressando de maneira transparente o resultado genético esperado — à semelhança do que acontecia com o conteúdo dos pacotinhos de sementes vendidos de porta em porta pelos Shakers e também com as sementes da paixão no Brasil (tema abordado mais à frente neste capítulo). Devido ao baixo rendimento no eventual replantio,

foi necessário quase uma década até o milho híbrido passar a ser aceito por todos os fazendeiros nas áreas estudadas [conforme uma pesquisa avaliativa do potencial de mercado deste insumo]. O padrão de difusão dos híbridos desenrolou-se em três períodos: (i) longo intervalo de lento crescimento inicial, (ii) rápido aumento na adoção e (iii) breve declínio enquanto os mais resistentes adotantes aceitavam a nova técnica [...]. 7. A principal fonte de conhecimento original sobre sementes híbridas foram os vendedores. A fonte de conhecimento mais influente foram os “vizinhos”. 8. A importância dos vendedores como informantes e influenciadores no processo de difusão ocorreu principalmente durante o período inicial de adoção, ao passo que a importância dos vizinhos foi maior nos anos seguintes [...]. 13. As formas de relação social associadas à adoção precoce da nova tecnologia indicam uma maior susceptibilidade à inovação tecnológica entre os produtores rurais que tinham um padrão de vida mais secular [ou seja, menos religioso ou com menor base espiritual] (RYAN e GROSS, 1950, p. 663-664).

“Os agricultores mantêm opiniões firmes e, frequentemente, instintivas sobre a qualidade de tipos de plantas” (CONWAY, 2003, p. 219). Mas esse comportamento se mostra ainda mais resistente. “É comum as variedades serem adversamente comparadas com variedades tradicionais com as quais eles estão familiarizados há muito tempo” (CONWAY, 2003, p. 219). Nesses termos, a vinculação homem/semente/homem continua a afetar as escolhas no campo conforme antecipou o pioneiro estudo conduzido na área de sociologia rural por Ryan e Gross (1950). Ao abordar os fatores que influenciam a adoção de sementes híbridas pelos produtores rurais a pesquisa salientou como a tradição oral – classificada como burburinho, “*buzz*” no

original em inglês (CAMARGO, 2016a, p. 63-66) – é relevante para difusão das novas tecnologias entre os agricultores. Os produtores rurais mantêm o hábito de avaliar entre si atributos das sementes muitas vezes ignorados pelos melhoristas, porém considerados positivos por eles, como resistência a pragas e doenças (CONWAY, 2003). De forma rotineira, isso continua a orientar a atividade rural praticada no século XXI em processos que integram diversas partes do agrossistema.

Além do processo de comunicação voltada à transferência [tecnológica ou extensão rural ao agricultor], a etapa de disponibilização envolve o processo de negociação entre a instituição responsável pela geração da tecnologia e os clientes em potencial, especialmente os consumidores intermediários (sementeiros, viveiristas, indústrias de maquinaria e equipamentos agrícolas, de fertilizantes, de agrotóxicos), pertencentes ao elo/processo de multiplicação e comercialização dos produtos gerados. A negociação, estabelecimento das condições com grupos de interesse para a transferência de tecnologia, é operacionalizada também por meio de métodos e estratégias focados no uso livre ou não da tecnologia, mas diferenciados em relação à questão da comunicação. A negociação pode envolver grandes ou pequenos negócios e exige a qualificação da tecnologia, bem como a elaboração de um plano de negócio. Com base nesse ponto de vista, as formas mais adequadas de transferência de tecnologia podem ser, por exemplo, a incubação de empresas de base tecnológica, a inserção e disponibilização da tecnologia gerada em parques tecnológicos (basicamente, espaços voltados à pesquisa, desenvolvimento, produção e comercialização), a parceria para P&D/consórcio de pesquisa e, o contrato de transferência de tecnologia (ROCHA et al., 2016, p. 20).

Faz parte dessas iniciativas a realização de eventos do tipo dia de campo, vitrines, visitas e excursões técnicas, criação de unidades demonstrativas e unidades de referência tecnológica relacionadas ao sistema produtivo a ser promovido (ROCHA et al., 2016). Esses procedimentos visam facilitar a troca de informação boca-a-boca entre os produtores rurais sobre a melhor maneira de usar as novas tecnologias rurais, tais como as sementes melhoradas, ou até para saber como eles avaliam o desempenho das inovações voltadas à agricultura. Além dos dias de campo, outras metodologias práticas que privilegiam o contato pessoal são as dinâmicas agrícolas e as feiras rurais, que também servem para “levar aos agricultores, através de processos apropriados e simplificados, os conhecimentos gerados nas universidades e nos centros de pesquisa” (WAGNER, 2011, p. 22). Chamadas de extensão rural ou “transferência de tecnologia”, essas ações têm entre seus principais objetivos “avaliar o comportamento dos agricultores” por meio da comunicação interpessoal mantida com eles a fim de adaptar ou descartar o pacote de insumos rurais comercializado, e nortear o desenvolvimento da inovação agrícola (CONWAY, 2003, p. 234).

2.5 – Revolução Verde

O processo de profissionalização no campo, do qual faz parte a extensão rural, tem entre seus objetivos aumentar a produtividade e o rendimento da produção de alimentos. Tema de interesse universal, a fartura ou ausência de comida é alvo da atenção e debate religioso, científico e até artístico. O personagem Euríloco afirma numa passagem do poema épico *Odisséia*: “Não há morte mais miserável do que a morte por fome” (HOMERO, 1998, p. 90). No século XIX e na primeira metade do século XX, o acesso regular e permanente a alimentos de qualidade era uma preocupação constante. Não por outro motivo, a teoria populacional malthusiana ainda recebia grande popularidade (CONWAY, 2003). Na época do economista britânico Thomas Robert Malthus (1766-1834), o campo inglês já havia passado pela 2ª Revolução Agrícola. No século XVIII, “à medida que os grandes latifúndios cresciam”, a agricultura se desenvolvia influenciada pela ascensão da indústria e da vida urbana na Inglaterra, produzindo “grande quantidade de alimentos” (PEDRO, 1985, p. 123). Mas Malthus colocou em discussão o fato de o crescimento populacional ocorrer em progressão geométrica, ao passo que a produção de alimentos avançava em progressão aritmética (BUAINAIN, GARCIA e VIEIRA, 2016). A ter continuidade esse descompasso, as previsões indicavam que a fome iria se tornar um problema real para população mundial.

A mecanização do campo seguia mais ágil que o avanço na manipulação das plantas. O melhoramento das sementes para torná-las mais produtivas ainda mantinha princípios similares aos adotados há cerca de 10 mil anos (CONWAY, 2003). Mas um avanço importante ocorreu no século XIX. As plantas híbridas passaram a receber maior atenção com a disseminação das pesquisas do monge austríaco Gregor Michael Mendel (1822-1884) sobre as leis da hereditariedade e da fecundação artificial. O trabalho de pesquisa conduzido por ele, muito provavelmente, foi o “maior e mais longo experimento agrícola até então” (WOLFE, 2017, p. 81). A partir de 1856, as leis da hereditariedade e da fecundação artificial foram deduzidas por Mendel principalmente de experiências com ervilhas realizadas no decorrer de nove anos e que, em seu auge, envolveram 28 mil plantas no jardim do mosteiro onde ele vivia (WOLFE, 2017).

“Uma consequência [das pesquisas conduzidas por Mendel] foi o surgimento de profissionais melhoristas em institutos e estações de pesquisa, que identificavam e explicavam os mecanismos subjacentes [da evolução genética das plantas apontados primeiramente por Mendel] e, com isso, tornavam o processo mais previsível e eficiente” (CONWAY, 2003, p. 169-170). A racionalidade desse avanço de manipulação das plantas, impulsionado pelo medo

da ocorrência da chamada equação malthusiano da fome, orientou o surgimento das sementes híbridas e, no período subsequente ao pós-guerra, em meados do século XX, juntou-se a “Revolução Verde” (BUAINAIN et al., 2014, p. 219). Essas inovações promoveram o aumento da produtividade e redundaram na 3ª Revolução Agrícola.

Em síntese, a Revolução Verde teve êxito porque se concentrou em três ações inter-relacionadas:

- Programas de reprodução de cereais básicos para criar variedades de maturação precoce, indiferentes à duração do dia e de alto rendimento.
- Organização e distribuição de pacotes de insumos de alto retorno, com fertilizantes e pesticidas, e regularização da água [via irrigação].
- Implementação dessas inovações técnicas nas regiões agroclimáticas mais favoráveis e para as classes de agricultores com as melhores possibilidades de obter os rendimentos potenciais (CONWAY, 2003, p. 90).

O engenheiro agrônomo norte-americano Norman Ernest Borlaug (1914-2009) recebeu, em 1970, o Nobel da Paz devido à participação ativa na Revolução Verde. Na opinião dos organizadores do prêmio, por meio do seu envolvimento nas pesquisas realizadas no México, que conduziram a cultivares de trigo de alta resistência e produtividade e assinalaram o início da 3ª Revolução Agrícola, Borlaug teria resolvido o problema da fome no mundo (CONWAY, 2003). Aliado ao uso dos pacotes de insumos químicos que aceleravam o crescimento da planta foi desenvolvido um exemplar de trigo com taxa de retorno de grãos três vezes superior ao exemplar que lhe deu origem. Nos anos 1960, o processo foi ampliado e a safra mexicana do cereal, antes deficitária, ampliou em seis vezes. Para história da humanidade, que “há insignificantes 10 mil anos” ainda vivia “época das vacas magras”, e na primeira metade do século XX enfrentava a “fome e a desnutrição” coletiva mesmo na “França, Inglaterra, Alemanha e demais países da Europa deflagrada”, a “comida farta só chegou à mesa das grandes massas populacionais depois da Segunda Guerra Mundial, graças à mecanização e aos avanços da agricultura e da tecnologia de conservação de alimentos” (VARELLA, 2017).

Nesses últimos 200 anos a população mundial cresceu mais de 7 vezes, alcançando mais de 7 bilhões de pessoas. Ainda que o problema da fome persista [com 800 milhões de pessoas vivendo em situação de insegurança alimentar segundo a FAO], Malthus equivocou-se: a produção de alimentos cresceu mais do que a população, a qualidade de vida melhorou [conforme informações do Banco Mundial], as pessoas passaram a viver mais tempo e a se alimentar mais [de acordo com dados da FAO]. Nas últimas duas décadas, dada a aparente “abundância” de alimentos e apesar da elevação dos preços provocada pelo choque de demanda gerado principalmente pela emergência da China como grande *player* no mercado global, o diagnóstico sobre a fome e a insegurança alimentar deslocou a restrição malthusiana da insuficiência da oferta para a insuficiência de renda (BUAINAIN, GARCIA e VIEIRA, 2016, p. 497).

Ganhos como aumento da produção seguido da diminuição no preço dos alimentos são associados à Revolução Verde. Mas também há pontos críticos a serem levantados sobre ela. Responsável pela 3ª Revolução Agrícola, a distribuição em nível mundial dos pacotes de insumos agrícolas de alta produtividade transformou “os ciclos biológicos naturais em uma linha de produção controlada, similar aos processos industriais, e à própria inovação tecnológica na agricultura tinha esta meta: industrializar a agricultura” (BUAINAIN et al., 2014, p. 565). As tecnologias promovidas pela Revolução Verde ao mesmo tempo que promoveram os índices de produtividade agrícola apresentaram efeitos ambientais adversos e pouco sustentáveis. Entre eles, o aumento das populações de pragas, que passaram a resistir aos pesticidas, e escapam do “controle natural” (CONWAY, 2003, p. 115). De fato, desde o século XIX,

com o apoio das visões científicas modernas – darwiniana (de seleção natural) e pasteuriana (de intervenção no meio ambiente) –, o padrão técnico moderno de produção agrícola ignorou a heterogeneidade local, as consequências do desaparecimento dos agentes considerados patogênicos e a importância de sua interação com a totalidade do ambiente; os “anti” (bióticos, vírus) e os “cida” (pesticidas, nematicidas, herbicidas) prevaleceram na luta entre o forte e o fraco, com graves comprometimentos para o equilíbrio do ambiente e a biodiversidade (AZEVEDO, 2012, p. 39).

Em meados do século XX “a Revolução Verde permitiu a intensificação do uso e do rendimento da terra – recurso escasso em países populosos, como Índia, Paquistão, China e México –”, porém “a intensificação da produção, apoiada no uso de sementes melhoradas, insumos industriais, máquinas, água e gestão produtiva, submetidos à racionalidade econômica, não foi neutra, [principalmente] do ponto de vista social” (BUAINAIN et al., 2014, p. 1170). “A agricultura de base química contribuiu para o agravamento das desigualdades no campo, pois ao focar a alta produtividade, que passou a ser associada à economia de escala, provocou a expulsão do agricultor familiar do meio rural” (AZEVEDO, 2012, p. 40). Como contraponto, o segmento rural brasileiro é um caso a ser estudado para compreensão da moderna agricultura mundial.

O Brasil foi um dos poucos países a realizar uma transição bem-sucedida de transformação da produção agrícola, passando de importador líquido de alimentos, na década de 1960, para autossuficiente, ou mesmo para exportador de alimentos, a partir da década de 1980. A partir de meados da década de 1990, enquanto a produção mundial apresentou uma estagnação produtiva, os índices de crescimento da agricultura brasileira mostraram-se em expansão. [Isso é atribuído à inovação tecnológica na agricultura brasileira, que se tornou *knowledge-based*]. É fato que a geração e a difusão de tecnologia na agricultura mudaram sua natureza, quando comparada com décadas passadas. De um lado, o Brasil tornou-se uma região produtora de conhecimento, particularmente em relação à produção em regiões tropicais. De outro, os desafios de inclusão produtiva e de adaptação às mudanças climáticas [também] continuam (BUAINAIN et al., 2014, p. 397-398).

No contexto agrícola mundial, os locais onde os alimentos são produzidos, ou seja, as zonas rurais, injustamente tornaram-se “as principais regiões em situação de insegurança alimentar” (BUAINAIN, GARCIA e VIEIRA, 2016, p. 501). Isso também ocorre em algumas regiões do Brasil, como nas regiões Norte e Nordeste. Para boa parte da agricultura familiar, como já mencionado, a modernização agrícola proporcionada pela Revolução Verde não ocorreu ou ocorreu de forma incompleta. Nesse sentido, é possível afirmar que ainda não teve início a 3ª Revolução Agrícola para o setor rural mais carente, porque esses produtores não dispõem de capital para investir nas novas tecnologias; ou as inovações não se mostraram “adequadas” para serem introduzidas nas “terras relativamente marginais” deles, até “do ponto de vista da aptidão de uso” (BUAINAIN et al., 2014, p. 512).

Em resumo, o padrão técnico moderno de produção de alimentos, ao priorizar elevados ganhos de produtividade, gerou crises que podem ser consideradas em três dimensões. Na dimensão econômica, com o aumento da eficiência tecnológica comercial, produzindo os efeitos da superprodução, com consequências sobre o dinamismo da atividade produtiva; na dimensão social, uma vez que a modernização reduziu a necessidade da força de trabalho [e até o desaparecimento de comunidades como a dos Shakers, nos Estados Unidos]; e, por último, na dimensão ambiental, pelo uso excessivo e [muitas vezes até] indiscriminado dos insumos químicos (AZEVEDO, 2012, p. 40).

Uma alternativa para não ocorrer com as populações sem-terra e os pequenos agricultores familiares o que houve com os já mencionados Shakers é incluir a produção de alimentos num contexto rural mais diverso, que também leve em conta a manutenção dos recursos naturais, da geração de emprego, do comércio justo (ou *fair trade*, conforme será discutido mais adiante) e de uma remuneração suficiente para isso (CONWAY, 2003). Para atingir esses propósitos seria necessário que houvesse um amplo planejamento, a fim de garantir investimentos de longo prazo na agricultura familiar tradicional. A Organização das Nações Unidas (ONU), juntamente com seus principais órgãos coligados (como o CGIAR - Conselho de Pesquisa Agrícola Internacional), passou a dar atenção para isso, conforme será discutido no próximo subcapítulo.

2.6 – Agricultura familiar duplamente verde

A Organização para a Alimentação e a Agricultura da ONU (FAO, conforme a sigla no original em inglês, *Food and Agriculture Organization*) concentrou seus esforços para promover a agricultura familiar a partir de outubro de 2014. A escolha é justificada do ponto de vista econômico e social, segundo o relatório anual *State of Food and Agriculture*, devido ao fato de nove em cada dez das 570 milhões de propriedades agrícolas no mundo (chácaras, sítios e

fazendas localizados na zona rural) serem geridas por famílias (FAO, 2014). Com essa abrangência no setor, as famílias respondem por cerca de 80% dos alimentos produzidos e são responsáveis por 75% de todos os recursos agrícolas do mundo (terras, sementes, rios) – levando-se em conta propriedades familiares de todos os padrões tecnológicos e extensão rural. Há evidências do bom desempenho em atividades no campo geridas por agricultores familiares de pequeno porte (como será discutido no próximo subcapítulo sobre a cultura das sementes da paixão na Paraíba/Brasil), porém muitas operações menores são incapazes de produzir o suficiente para garantir os próprios meios de subsistência dos proprietários (FAO, 2014).

Não há uma definição universal para agricultura familiar. A expressão refere-se à atividade rural praticada ou gerida, ao menos parcialmente, “por um membro do agregado familiar” (FAO, 2014, p. 8). A maior parte das atividades agrícolas com esse perfil é de pequeno porte. Oitenta e quatro por cento têm menos de dois hectares, e uma grande porção delas não está instalada em terras efetivamente com boas condições para agricultura. Dados do censo rural de vários países sugerem que as propriedades com mais de 50 hectares – inclusive as de agricultura familiar – ocupam dois terços das terras agriculturáveis, “ao passo que as propriedades de até dois hectares cobrem apenas cerca de 12%” desse filão mais fértil (FAO, 2014, p. 10). Mesmo assim, as pequenas propriedades respondem proporcionalmente por uma produção maior de alimentos em relação à quantidade de terras úteis que usufruem, “ao menos nos países de baixa e média-baixa renda, na qual as pequenas e médias propriedades familiares contribuem decisivamente para a segurança alimentar” da população (FAO, 2014, p. 10).

Em geral, as propriedades menores tendem a usar maior força humana no trabalho de campo. Como consequência, comparativamente às grandes fazendas mecanizadas, obtêm menor produtividade e renda per capita tendo em vista o volume de mão de obra empregado. Isso perpetua a pobreza e impede o desenvolvimento segundo a FAO (2014). A maior parte da produção mundial de alimentos envolve trabalho pouco tecnificado e não remunerado realizado por integrantes das famílias. A entidade ligada à ONU alerta que no século XXI o segmento agrícola também tem perdido importância na maioria dos países em desenvolvimento, nos quais muitos familiares de pequenos agricultores obtêm a maior parte do seu rendimento por meio de atividades não-agrícolas. Assim, o relatório *State of Food and Agriculture* sublinha que é imprescindível aumentar a produtividade por trabalhador, especialmente nos países de baixo rendimento, a fim de ampliar os ganhos e de promover o bem-estar econômico nas zonas rurais (FAO (2014)).

O desequilíbrio econômico na agricultura familiar acontece, segundo a FAO (2014), porque o setor é confrontado com o seguinte desafio: aumentar o rendimento da terra, frente às exigências de segurança alimentar, sem comprometer o ecossistema. O ideal seria que isso ocorresse em conformidade com o tripé da sustentabilidade, que engloba a proteção do planeta, o bem-estar das pessoas e a equidade financeira das famílias conforme proposto pelo Relatório Brundtland (WCED, 1987). Tratam-se de indicadores sintonizados à definição de um futuro comum para Terra conforme pensado por esse trabalho que foi lançado em 1987 pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (órgão ligado à ONU) para promover um nivelamento entre as aspirações da tríade prosperidade, pessoas e planeta. Posteriormente, em 2015, essa plataforma estabilizadora da economia foi ampliada pela ONU com o lançamento da Agenda 2030 (ONU-BR, 2015), composta pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Basicamente, à tríade anterior (prosperidade, pessoas e planeta) foram incluídos como propósitos essenciais ações cujo foco recaem na criação de parcerias econômicas (como o comércio justo ou *fair trade*) e a manutenção por parte dos governos da paz mundial.

A equação é complexa, pois implica em ampliar a produtividade no campo e preservar o ecossistema, porém sem dispor de capital suficiente para investir em novas tecnologias nas propriedades da agricultura familiar que aumentariam o rendimento da mão de obra. Sem isso, não ocorre de forma planejada a diversificação dos meios de subsistência, como a ida de parte dos integrantes da unidade familiar de produção rural para atividades não-agrícolas para vencer a pobreza, a fome e gerar renda FAO (2014). De acordo com os dados levantados pela entidade, esses desafios só serão superados se forem criadas condições para a agricultura familiar inovar tecnologicamente e, dessa forma, continuar a existir — a emergência da agricultura digital pode ter um papel relevante para superar esses desafios, como será retomado no fim deste capítulo.

Na verdade, precisamos de uma Revolução Duplamente Verde, uma revolução que seja ainda mais produtiva do que a primeira Revolução Verde e ainda mais “verde” em termos de conservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Nas três próximas décadas, ela deve:

- Repetir os êxitos da Revolução Verde [que segundo a FAO possibilitou que a quantidade de famílias pobres não crescesse ainda mais, tendo em vista que antes dela 50% da população não obtinha o suficiente para se alimentar, contra 20% atualmente].
- Ter escala global.
- Ocorrer em muitos locais diferentes.

E ser:

- Equitativa.

- Sustentável.
- Propícia ao meio ambiente.

Enquanto a primeira Revolução Verde tomou como ponto de partida o desafio biológico de produzir novos cultivos alimentares de alto rendimento e depois procurou determinar como os benefícios poderiam alcançar os pobres, esta nova revolução precisa inverter a cadeia lógica, começando pelas demandas socioeconômicas das famílias (CONWAY, 2003, p. 68-69).

Adotar sistemas mais tecnológicos para a agricultura familiar implica que haja maior sinergia entre o setor público e os agricultores, organizações da sociedade civil e o setor privado (FAO, 2014). Inclui-se nesse perfil universidades, órgãos de fomento à pesquisa agrícola, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), organizações não-governamentais (ONG) e até religiosas, como a CNBB (Conferência Nacional dos Bispos do Brasil). A capacidade de inovação pode ser promovida em vários níveis: desde incentivos para os agricultores familiares terem acesso a trabalhos de pesquisa e extensão rural até uma maior integração ao restante da cadeia produtiva do setor (logística, comércio). Esses cuidados ficarão mais evidentes na exemplificação empírica sobre o cultivo das sementes crioulas, na região nordeste brasileira (chamadas de cultura das sementes da paixão), e no desenvolvimento da agroecologia apresentados nos próximos subcapítulos.

Os esforços para promover a inovação e aumentar a capacidade de inovação na agricultura familiar têm de ser acompanhados pelos esforços para melhorar a integração com o mercado. No entanto, é importante reconhecer que nem todas as fazendas familiares são iguais e nem todas têm capacidade de inovação na agricultura e na produção comercial. Algumas fazendas familiares podem alcançar maior eficácia ao buscar renda mais alta e melhores meios de subsistência por meio de atividades não-agrícolas. No entanto, as duas opções não são mutuamente excludentes, uma vez que alguns membros das famílias de agricultores podem passar a atuar em atividades não-agrícolas sem deixar a vida no campo (FAO, 2014, p. 23).

Uma iniciativa que procura equacionar esses problemas é o *fair trade* (FT), ou comércio justo, numa versão livre do termo em português. A Federação Internacional de Comércio Alternativo define o FT como um modelo de parceria comercial baseado no diálogo, “transparência e respeito, que busca maior equidade no comércio internacional, contribuindo para o desenvolvimento sustentável por meio de melhores condições de troca e garantia dos direitos para produtores e trabalhadores à margem do mercado” (SEBRAE, 2016). No segmento rural, há cerca de 10 anos o modelo FT é incentivado nos Estados Unidos para importação de café certificado pelo comércio justo, modalidade que cresce em média 50% ao ano (DEL RÍO et al., 2017).

No período 2015 a 2017, fazendas-piloto de café e pequenos produtores independentes da Nicarágua, Brasil, Honduras e Peru vinculados a esse modelo mercadológico puderam melhorar seus meios de subsistência e as condições de trabalho dos seus trabalhadores (DEL RÍO et al., 2017). Esses produtores agrícolas mais vulneráveis foram monitorados e certificados como parceiros do projeto FT4ALL - *Fair Trade for All*, numa iniciativa do Centro de Agricultura Tropical (CIAT), órgão ligado ao CGIAR (Conselho de Pesquisa Agrícola Internacional⁹). O projeto-piloto revelou que a certificação tanto promove quanto aprimora o bem-estar de produtores contemplados, ajudando a aumentar a sustentabilidade ambiental nas propriedades envolvidas. Além disso, demonstrou mercadologicamente que consumidores de economias ricas e emergentes aceitam pagar preços de varejo mais altos pelo café FT4ALL, da mesma forma como ocorre com serviços e produtos associados às grifes de luxo.

Em outras palavras, inovação e agricultura familiar estão fortemente ligadas ao aumento da comercialização de alimentos, com ambas dependendo e reforçando-se mutuamente. A inovação pode envolver produtos agrícolas (por exemplo, novos tipos de cultura ou variedades de alto rendimento), processos de produção no qual a terra não fica nua, sujeita a erosão e enxurradas, mas coberta com a palhada e os restos de cultura como sorgo, milho, capim – técnica agrônômica conhecida como plantio direto – ou diferentes rotações de culturas, “e/ou organização e gerenciamento [informatizado] de fazendas, por exemplo, novos modelos de negócios ou formas de interagir com cadeias de valor [*supply chain*], aumentando a capacidade de armazenamento” (FAO, 2014, p. 4). As inovações podem ocorrer de forma simultânea e ter consequências diferentes. “Pode permitir aos agricultores produzir mais com os recursos e insumos que já possuem e reduzir os seus custos de produção. Pode permitir que expandam, mudem ou diversifiquem sua produção comercializável, aumentando a rentabilidade de suas fazendas” (FAO, 2014, p. 4-5). Pode ainda liberar recursos, como a força de trabalho, para serem usados em outras atividades econômicas sem que haja necessariamente perda da força produtiva dos demais membros familiares que continuam no campo.

Os parâmetros a serem usados para balizar o nível de apoio técnico público e/ou privado a ser adotado para levar inovação à agricultura familiar devem levar em conta: a diversidade da

⁹ *Consultative Group on International Agricultural Research*, ou Conselho de Pesquisa Agrícola Internacional, na versão em português, CGIAR é uma organização internacional financiada pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) cuja missão é coordenar programas de pesquisa agrícola para reduzir a pobreza e promover a segurança alimentar nos países em desenvolvimento (DEL RÍO et al., 2017).

agricultura familiar em termos do tamanho, das tecnologias já utilizadas e da integração com os mercados, bem como as configurações ecológicas e socioeconômicas empregadas na atividade rural. Levar em conta ainda os aspectos financeiros do agrossistema é fundamental. “Os pequenos proprietários enfrentam frequentemente constrangimentos específicos ao investimento, incluindo pobreza extrema, direitos de propriedade fracos, acesso deficiente aos mercados e serviços financeiros, vulnerabilidade a choques econômicos, políticos e a capacidade limitada de tolerar riscos” (FAO, 2014, p. 80).

À luz dessas possibilidades, ressalta-se que o relatório *State of Food and Agriculture* (FAO, 2014) enfatiza a necessidade de intensificar os níveis de sustentabilidade e reduzir as diferenças de rendimento e produtividade da mão de obra entre os diferentes tipos de propriedades rurais, familiares ou não, que caracterizam os setores agrícolas em muitos países em desenvolvimento. A pesquisa científica na área agrícola pode ser decisiva para atender esses parâmetros. Mas como ela é feita na maior parte por empresas privadas, o investimento público nesse setor é indispensável. Até para assegurar trabalhos em campos de pouco interesse econômico, como pesquisas sobre culturas locais e práticas de produção sustentáveis, como o cultivo das sementes crioulas pela cultura das sementes da paixão, utilizadas no semiárido nordestino como insumo agrícola por mais de 1,5 milhão de famílias que vivem da agricultura familiar (CUNHA, 2013; AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014).

2.7 – Sementes da paixão

As sementes crioulas são cultivadas com o propósito de seleção genética convencional para a formação de bancos (estoques) de germoplasma (AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014). A colheita delas ainda representa, em diversas partes do Brasil, uma importante fonte de alimentos para os agricultores familiares. Essas sementes têm a vantagem de serem rústicas, adaptarem-se às características locais do solo e exigirem pouco investimento em adubo e nenhum em herbicida. Além disso, alcançam níveis satisfatórios de produtividade e são capazes de sobreviver mesmo em condições na qual recebem pouca água, como no Nordeste do Brasil, onde a precipitação acumulada no período chuvoso de quatro meses de algumas regiões é de 180 milímetros (AGRICULTORES, 2014) – ou 500 mm/ano, sendo até seis vezes menor que nas regiões mais chuvosas no Norte do país (CUNHA, 2013). O cultivo delas assemelha-se, em linhas gerais, ao de agrossistemas tradicionais conhecidos como jardins domésticos.

Os jardins domésticos constituem uma das formas mais antigas de sistema de cultivo e podem ter sido o primeiro sistema agrícola a surgir em sociedades de caçadores e

coletores. Hoje, os jardins ou hortas domésticas são particularmente bem desenvolvidos na ilha de Java, na Indonésia, onde são chamados de *pekarangan*. Uma característica imediatamente perceptível é sua grande diversidade em relação ao tamanho: eles, em geral, ocupam pouco mais de meio hectare em torno da casa da fazenda. Num jardim doméstico javanês foram encontradas 56 espécies diferentes de plantas úteis, algumas usadas como alimentos, outras como condimentos e especiarias, algumas como remédios e outras como alimento da criação — uma vaca e uma cabra, algumas galinhas e patos, e peixes no tanque do jardim. Boa parte disso é para consumo doméstico, mas uma parte é trocada com vizinhos e outra parte é vendida. As plantas são cultivadas em intrincadas relações umas com as outras (CONWAY, 2003, p. 208-209).

De forma similar ao que acaba de ser descrito sobre os jardins domésticos na Indonésia, a manipulação das sementes crioulas segue os mesmos princípios descritos sobre a evolução do germoplasma nos primórdios da agricultura, durante a 1ª Revolução Agrícola. Há milhares de anos, o cultivo das plantas já combinava o manejo de “recursos naturais baseado na manutenção da biodiversidade, no pousio e na rotação de culturas, e o acúmulo de conhecimento [tácito e ecológico local]” (AZEVEDO, 2012, p. 33). A par dessas coincidências, a hipótese dos cereais que despertaram o afeto do homem primitivo devido à sua prolificidade, levantada por Harari (2015), encontra fortes evidências na cultura das sementes crioulas.

“No tempo dos meus avós os santos eram Pedro e João. Pelas imagens serem ocas, guardavam milho e feijão. Em Nossa Senhora era a fava, botava dentro e tampava. Era assim que se guardava a semente da paixão”. Gratidão em forma de poesia, do autor Joaquim Pedro de Santana. É realmente forte a relação dos agricultores paraibanos com as sementes crioulas [...]. “Nós somos apaixonadas por elas”, diz Eusébio Albuquerque, presidente do Sindicato dos trabalhadores rurais (AGRICULTORES, 2014).

A cultura de sementes crioulas ocorre em todo Brasil (CUNHA, 2013). A atividade tem raízes entrelaçadas na afetividade das pessoas, no conhecimento popular, artístico, religioso e até no animismo. Entre outras localidades, está vinculada a um grupo de agricultores na Paraíba que trabalha com a preservação dessas culturas, conhecidas na região como sementes da paixão (CUNHA, 2013; AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014). As variedades selecionadas são compostas por diferentes plantas, como feijão, milho, fava (vagens que têm até 2,5 centímetros de diâmetro e 7 centímetros a 15 centímetros de comprimento), abóbora e até algumas espécies de hortaliças.

Uma análise técnica sobre o tema fez parte da pesquisa desenvolvida pela engenheira agrônoma Flavia Londres da Cunha, que recebeu o grau de mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável (PPGPDS) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) com a dissertação *Sementes da Paixão e as Políticas Públicas de Distribuição*

de Sementes na Paraíba (CUNHA, 2013). Segundo a autora, a legislação brasileira sobre sementes e mudas (Lei nº 10.711/2003, Art. 2º, item XVI) define esse tipo de germoplasma como aquele conservado, selecionado e manipulado “por agricultores familiares, quilombolas, indígenas e outros povos tradicionais e que, ao longo de milênios, vêm sendo permanentemente adaptado às formas de manejo dessas populações e aos locais de cultivo” (CUNHA, 2013, p. 18).

Note-se que, ao contrário das sementes desenvolvidas em centros formais de melhoramento genético, as variedades crioulas não são selecionadas somente com o foco na produtividade. Tomando-se como exemplo a cultura do milho, características como a produção de palha, importante para alimentação dos animais da propriedade [e artesanato, em algumas regiões], o porte das plantas e a espessura do colmo, que serve de sustentação para culturas trepadeiras cultivadas em consórcio [como num jardim doméstico, misturado a outras plantas], o fechamento das espigas, que protege os grãos do ataque de insetos durante o armazenamento, ou a resistência a períodos secos, podem ser tão ou mais importantes para os agricultores quanto a produtividade dos grãos. Há ainda outras características, relacionadas ao uso das plantas, que determinam a preferência das famílias agricultoras por diferentes variedades cultivadas, como o sabor, o tempo de cozimento, o tamanho dos grãos ou a espessura do sabugo (CUNHA, 2013, p. 21).

Com essas características, o incentivo à cultura das sementes da paixão recebe o apoio de instituições públicas e privadas. Entre elas, respectivamente, a Embrapa Tabuleiros Costeiros – unidade que atua nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, em quase 10 milhões de hectares de área –, e a AS-PTA – Agricultura Familiar e Agroecologia¹⁰, uma associação de direito civil sem fins lucrativos (ONG) que, desde 1983, atua na promoção do desenvolvimento sustentável (CUNHA, 2013; AGRICULTORES, 2014). Não obstante receba o acompanhamento dessas organizações, a estocagem e a distribuição das sementes da paixão continua a fazer parte da tradição comunitária local num tipo técnico de conservação classificado como *on farm*, baseado em saberes e aprendizados diversos acumulados no decorrer do tempo (AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014).

Dessa forma, ao largo de todo avanço tecnológico, as sementes da paixão encontram seu espaço e se perpetuam num processo que envolve 8.200 famílias de agricultores em relações de armazenagem e troca que se disseminaram no decorrer do tempo e foram ajustadas ao contexto social, ecológico e econômico local. Há 40 anos, por exemplo, Seu Zé Pequeno cuida das sementes de 51 famílias paraibanas deixadas em sua propriedade (AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014). Para ele, as sementes são um patrimônio secular respeitado por

¹⁰ Mais informações disponíveis em: <<http://aspta.org.br>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

representarem um conhecimento passado de pai para filho, que preserve o saber do mais velho transmitido às pessoas mais novas há várias gerações.

O banco de sementes mantido por agricultores familiares é essencial “tanto para o atendimento de diferentes necessidades e usos pelas comunidades rurais, como para a diminuição da vulnerabilidade das lavouras diante de intempéries climáticas, pragas e doenças” (CUNHA, 2013, p. 7). Devido à importância desse sistema para os agricultores familiares, especialmente para os que cuidam de pequenas propriedades, foi lançado em 2002 o Programa Estadual da Paraíba de Bancos de Sementes Comunitárias, criado pela Lei estadual nº 7.298 para apoiar quem faz a preservação das sementes da paixão. Trata-se de uma iniciativa anterior à própria Lei nº 10.711/2003 que versa sobre sementes e, embora tenha abrangência restrita ao âmbito local, aproxima-se da proposta de comércio justo (FT) citada no subcapítulo anterior. Dessa forma, o programa paraibano dispõe sobre a aquisição das sementes e auxílio aos agricultores familiares na realização de feiras de troca na qual os vizinhos se reúnem para promover o intercâmbio dos exemplares manipulados por eles.

Garantir o aspecto técnico dos germoplasmas, como à capacidade de resistir à seca, é uma prerrogativa dos programas governamentais para adquiri-los e disseminá-los (CONSERVAÇÃO, 2014). Para dar suporte técnico à participação dos agricultores familiares nas políticas públicas de aquisição e distribuição de sementes na região semiárida, a Embrapa Tabuleiros Costeiros colabora na realização de pesquisas para avaliar a qualidade das sementes da paixão. A partir de 2010, este órgão público de pesquisa passou a realizar comparações entre variedades crioulas e comerciais de sementes de milho. O resultado do estudo feito nas regiões da Borborema e do Cariri paraibano revelaram que cultivares crioulas podem alcançar rendimento local igual ou superior às sementes comerciais ou até àquelas fornecidas por políticas públicas em detrimento dos exemplares crioulos. Para a Embrapa, “isso demonstra que o produtor conhece a sua terra, sua lavoura e sabe que cada semente vinga e desenvolve melhor em um determinado solo e em um determinado clima” (CONSERVAÇÃO, 2014).

2.8 – Agroecologia

A valorização da agricultura familiar passa pela integração de agricultores que estão à margem do mercado, como os envolvidos nos processos produtivos das sementes da paixão no Nordeste (AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014), nas iniciativas de comércio justo (FT4ALL) nos Estados Unidos de café produzido na América Latina (DEL RÍO et al., 2017), e

nas ações públicas de aquisição e distribuição de sementes que têm como diferencial “a conservação e o uso dos recursos da agrobiodiversidade” (CUNHA, 2013, p. 173). No Brasil, isso se tornou potencialmente viável devido à criação em 2012 da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), conforme dispõe o decreto nº 7.794/12. A articulação dessa possibilidade, de aproximar culturas agrícolas tradicionais de sistemas de comercialização mais profissionalizados, também vai ao encontro do próprio conceito de agroecologia.

Por definição, conclui-se que a agroecologia é um método de demonstração do simples ao composto, das causas para os efeitos, das partes para todo e em matéria de raciocínio do princípio para as consequências. Por outro lado, o conceito de agroecologia abrange diferentes áreas e o uso de diferentes ferramentas e meios de produção, resgatando sempre os costumes locais. Dessa forma, para responder à questão sobre se a agroecologia pode ser considerada um conceito polissêmico, a resposta é afirmativa, pois os trabalhos nesta área de conhecimento envolvem pesquisadores de diferentes áreas, o conhecimento de agricultores, indígenas, camponeses, entre outros, para a aplicação e disseminação dos princípios da agroecologia (AMORIM, PATINO e ABREU, 2017, p. 11).

A agroecologia é, portanto, um sistema de produção que integra, ao mesmo tempo, conhecimentos científicos e sociais, aliados à produção sustentável de alimentos de qualidade, à produtividade da terra e à valorização do agricultor. Na prática, isso é o que ocorre com os produtores envolvidos com as sementes da paixão na Paraíba, tradição familiar mencionada no subcapítulo anterior e mantida exemplarmente por agricultores como Seu Zé Pequeno (AGRICULTORES, 2014; CONSERVAÇÃO, 2014). No Brasil, o marco referencial para o estudo da agroecologia foi lançado pela Embrapa no início dos anos 2000 (MATTOS, 2006).

Em linhas gerais, o surgimento da agroecologia ocorreu como resposta à “Revolução Verde, que instaurou o modelo agrícola dominante” no agronegócio mundial desde meados do século XX (ALMEIDA e BIAZON, 2016). Faz parte também do processo de surgimento na cultura de massa de uma consciência ecológica, a partir dos anos 1960, marcadamente após a publicação do livro Primavera Silenciosa, da bióloga e mestre em Zoologia Rachel Carson (SILVA, 2012). Escrita em linguagem acessível de divulgação científica, essa obra “virou sucesso instantâneo” junto à opinião pública ao apresentar os impactos do “uso de pesticidas e seu efeito sobre o ambiente e as pessoas” (SILVA, 2012, p. 84).

Ao contrário do sistema agrícola baseado na Revolução Verde, a agroecologia revaloriza métodos “tradicionais de manejo ecológico de fertilidade e controle de pragas, como adubação verde, rotação e compostagem” (AZEVEDO, 2012, p. 39). Na adubação verde o

enriquecimento nutritivo do solo a ser usado pela cultura agrícola é alcançado, entre outras formas, mediante o uso de plantas como as leguminosas (feijão, favas) que fixam de forma orgânica à terra elementos químicos como o nitrogênio sem precisar recorrer a processos como o Haber-Bosch, descrito no Capítulo 1. A rotação de culturas é uma técnica que consiste em alternar as plantas cultivadas depois de cada nova safra, com o objetivo de evitar exaurir o solo. Já a compostagem “é um conjunto de técnicas para controlar a decomposição de materiais orgânicos (estrume, folhas)” a fim de transformá-los em material rico em nutrientes para o solo, de maneira a “que possam ser utilizados como adubo” (AZEVEDO, 2012, p. 39). A agricultura orgânica é um dos tipos de produção agrícola pautados pelos princípios da agroecologia como os que acabam de ser descritos. Ela é empregada em larga escala territorial e até por algumas culturas favorecidas pelo agronegócio como a monocultura da cana-de-açúcar da marca Native¹¹. Enquadrada num escopo mercadológico “mais responsável social e ambientalmente”, porém os alimentos “orgânicos são ainda produtos de luxo por causa do alto preço, o que limita seu consumo” (ALMEIDA e BIAZON, 2016).

A valorização da agricultura orgânica pelo mercado consumidor, assim como a já comentada iniciativa mercadológica do café com a certificação FT4ALL, está ligada às preocupações das pessoas no século XXI com a perenidade dos ecossistemas (CAMARGO et al., 2000). A população, em especial nos países com médio e alto desenvolvimento (Brasil, França, Alemanha), está cada vez mais atenta ao comportamento dos agricultores em relação ao meio ambiente. Esse fato tem a ver com a universalidade cada vez maior da ordem imaginada em torno dos conceitos propostos pela agroecologia. Nesse contexto, “a agricultura orgânica tem como objetivo a autossustentação da propriedade agrícola no tempo [...], a maximização dos benefícios sociais para o agricultor, e a minimização da dependência de energias não-renováveis na produção”, tais como o petróleo (AZEVEDO, 2012, p. 113). Nesses termos,

a agricultura orgânica é um sistema de gerenciamento total da produção agrícola com vistas a promover e realçar a saúde do meio ambiente, preservar a biodiversidade, os ciclos e as atividades biológicas do solo. Nesse sentido, a agricultura orgânica enfatiza o uso de práticas de manejo em oposição ao uso de elementos estranhos ao meio rural. Isso abrange, sempre que possível, a administração de tecnologias e conhecimentos agrônômicos, biológicos e até mesmo mecânicos. Mas exclui a adoção de substâncias químicas ou outros materiais sintéticos que desempenhem no solo funções estranhas às desempenhadas pelo ecossistema (CAMARGO et al., 2000, p. 1).

¹¹ Disponível em: <<http://bit.ly/2Jq02Rf>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

A definição de agricultura orgânica que acaba de ser apresentada foi formulada em julho de 1999 pelo *Codex Alimentarius*, o mais alto organismo internacional em matéria de alimentação e que é filiado à FAO (CAMARGO et al., 2000). Implicitamente, a definição chama a atenção para uma característica importante da chamada agricultura orgânica: o fato de ela valorizar o solo e não, necessariamente, a planta. Na agricultura orgânica sementes, animais e seres humanos saudáveis são fruto de solos equilibrados e biologicamente ativos. Isso implica na adoção de técnicas de manejo integradoras das atividades agropecuárias. O que interessa é o processo de produção e não a produtividade do produto. Aliás, o que torna os produtos orgânicos atrativos para os consumidores não é a aparência deles (em geral, pior que a dos vegetais cultivados pelo processo convencional) e sim atributos como vida saudável e preservação ambiental.

O sistema de produção dos orgânicos, por conseguinte, está baseado “essencialmente em vínculos de confiança” (ALMEIDA e BIAZON, 2016). Isso ocorre porque a obtenção de um alimento orgânico passa pela geração interna de todos os insumos necessários ao cultivo ou criação (CAMARGO et al., 2000). O processo leva em conta a reciclagem máxima dos nutrientes necessários ou oriundos da produção. A terra e o trabalho humano são os insumos principais. Logicamente, não se pode prescindir de sementes e adubos, que devem ser orgânicos e preferencialmente originários da própria fazenda. Em situações de escassez ou em fase de transição da agricultura convencional para agroecológica os produtores rurais podem adquirir tais insumos de outras fazendas orgânicas. Na maioria dos casos, porém as sementes e as mudas não são necessariamente orgânicas, a exemplo das sementes da paixão. Como todos esses fatores são subjetivos, torna-se indispensável a esse tipo de produção rural recorrer a entidades certificadoras que atestem a especificidade e a origem dos alimentos, a fim de identificá-los para os consumidores. A certificação cumpre assim um papel mercadológico, como a do café FT4ALL, mas é também “um instrumento para a garantia da origem e segurança sanitária” dos produtos da agricultura orgânica (AZEVEDO, 2012, p. 114).

Existem empresas responsáveis pelo processo de certificação e emissão de selos de qualidade para produtos orgânicos, que garantem a sua origem. A legislação federal [brasileira] também emite selos de qualidade que garantem os interesses dos produtores e dos consumidores orgânicos. Propostas de certificação participativa, feita por associações de produtores agroecológicos merecem especial atenção e estão [sempre] em discussão [...]. Esse sistema de rede de geração de credibilidade tem o objetivo de garantir a qualidade dos víveres ecológicos produzidos pelos grupos que compõem a rede (ONGs, associações, grupos informais, profissionais ligados à agroecologia, consumidores) e não onerar a cadeia produtiva (AZEVEDO, 2012, p. 114-115).

O estabelecimento de critérios claros e universais para orientar o sistema agroecológico teve início em 1999, quando a comissão do *Codex Alimentarius* apresentou na Itália as diretrizes para produção, processamento, rotulagem e comercialização dos alimentos orgânicos (CAMARGO et. al., 2000). Até então, os países e as organizações privadas de certificação estabeleciam as próprias normas para definir a agricultura orgânica. Em linhas gerais, no entanto, as diretrizes do *Codex Alimentarius* não trouxeram muita novidade. A importância delas adveio do caráter oficial do organismo, cujas normas são reconhecidas e adotadas pelos países que integram a ONU, como o Brasil. Elas foram criadas para dar confiança, agregar informação e proteção ao mercado consumidor de produtos orgânicos, além de dificultar o comércio irregular nessa categoria de produtos. Enfatizam e reforçam ainda o fato de a agricultura orgânica ter entre os principais diferenciais a produção de alimentos “saudáveis, de caráter regional, com sabor e qualidade nutricional preservados, produzidos com baixo impacto ambiental e social” (AZEVEDO, 2012, p. 124).

2.9 – Biotecnologia

Os princípios tecnológicos envolvidos tanto na produção das sementes crioulas, pela cultura das sementes da paixão, quanto agroecológicos em geral seriam, com bastante probabilidade, facilmente desvendados por qualquer contemporâneo de Gregor Mendel afeito às leis da hereditariedade e da fecundação artificial das plantas. Na mesma linha, os aspectos mais básicos da biotecnologia, que se tornaram popularmente associados às sementes transgênicas no terço final do século XX, poderiam ser reconhecidos pelo próprio monge austríaco. Já os organismos geneticamente modificados (OGM) resultantes do avanço dessa tecnologia têm o reconhecimento público embaraçado. São acusados de beneficiar “apenas os interesses de grandes empresas produtoras de sementes e de acarretar o desequilíbrio ambiental”, não obstante sejam indicados “como uma promessa de solução da fome no mundo pelo enriquecimento do teor nutritivo e aumento da produção de alimentos” (VEIGA, 2007, p. 7).

A palavra biotecnologia só começou a ser usada amplamente no século XX, porém as técnicas mais tradicionais associadas a ela são conhecidas há cerca de 4 mil anos (VEIGA, 2007). Usa-se processos biotecnológicos convencionais na fermentação necessária ao preparo do vinho, cerveja, pão, queijo. Só depois dos anos 1970 é que teve início, de fato, a moderna biotecnologia. Isso ocorreu na Califórnia quando o bioquímico e empresário Herbert Boyer (1936-) expressou o gene da insulina na bactéria *Escherichia coli*, presente no intestino humano. A insulina foi o “primeiro produto transgênico comercial” (VEIGA, 2007, p. 29).

Sucessivamente, pesquisas científicas e a incorporação de técnicas baseadas no código digital da informática permitiram simular e, posteriormente, transferir genes entre espécies diferentes numa gama de aplicações que inclui genotipagem, pré-melhoramento e melhoramento vegetal (VEIGA, 2007). Essas conquistas e outras expectativas em torno dos OGM deram a eles, entre o fim do século XX e início do século XXI, *status* similar ao da Revolução Verde, cuja tecnologia foi empregada para ajudar a alimentar 2 bilhões de pessoas, em 1950, e colaborou para a população mundial triplicar a partir daí. Ao contrário daquela época, no entanto, “a quantidade de alimentos produzida [já] é suficiente para alimentar a todos. A fome é um problema de distribuição [de alimento e renda], não de produção” (VEIGA, 2007, p. 15).

Boa parte da popular, religiosa e até científica resistência aos transgênicos veio a público em 1999 (VEIGA, 2007). Ganhou dimensão mundial após um discurso contrário à tecnologia da semente Terminator, realizado num evento da própria empresa, Monsanto, detentora dos direitos autorais dela. A palestra foi proferida pelo então recém-eleito presidente da Fundação Rockefeller, *Sir Gordon Conway* (2003), cujo trabalho já foi citado diversas vezes neste capítulo. Reconhecido como um ecologista de bom senso e defensor dos transgênicos como uma inovação que pode ajudar os mais pobres do mundo a continuar na agricultura, o autor não hesitou em criticar a semente identificada como exterminadora. Cada exemplar da Terminator sempre produz uma planta totalmente estéril. O posicionamento público contrário à essa tecnologia surtiu efeito. “Dois meses após o discurso de Conway, a Monsanto, que já havia sido pressionada pela opinião pública, decidiu abandonar a comercialização das tais sementes” (VEIGA, 2007, p. 15).

A recombinação do DNA é tida por muitos como uma tecnologia poderosa e que anda a passos largos à frente da capacidade atual de se entender suas próprias estruturas, meandros de funcionamento e implicações. O mesmo se diz em relação às condições de se identificar, prever e avaliar seus potenciais impactos. Isso leva a um antigo e acirrado debate inerente à modificação genética dos alimentos que diz respeito a sua segurança. A opção pelo uso dessa tecnologia no Brasil – tenha sido ela técnica, política, econômica ou ideológica – levou à criação de marco regulatório, instâncias decisórias e procedimentos específicos. Também foram criadas regras para informação dos consumidores, entre outras. Passados [hoje, em 2018, cerca de 15] anos desde a liberação oficial destes produtos no país, cabe fazer um balanço desse processo e perguntar se as promessas que cercaram a difusão da tecnologia, tais como a redução do uso de agrotóxicos e o desenvolvimento de sementes mais seguras e produtivas estão sendo de fato cumpridas (PACHECO e FERNANDES, 2013, p. 3).

A crítica aos OGM, citada no parágrafo anterior, foi apresentada durante debate promovido na Mesa de Controvérsias Sobre Transgênicos organizado pelo Conselho Nacional de Segurança

Alimentar e Nutricional (Consea) nos dias 11 e 12 julho de 2013 (PACHECO e FERNANDES, 2013). O propósito do evento foi debater, dar visibilidade e elaborar recomendações para os problemas e desafios associados à regulação, controle e uso de transgênicos no Brasil. O encontro questionou o fato de médios e grandes produtores rurais (aqueles com áreas plantadas superiores a 50 hectares) utilizarem cada vez mais a biotecnologia para produzir alimentos geneticamente modificados, como os resistentes a pragas e doenças ou tolerantes a herbicidas.

De fato, conquistas indiretas percebidas pelos produtores ampliaram a relação deles com os OGM, devido à simplificação do manejo das plantas (menor utilização de agrotóxicos e agroquímicos), à redução de custos e aos ganhos de produtividade. Alardeadas via dinâmicas rurais e dias de campo, essas características são divulgadas pelas empresas que comercializam as sementes transgênicas (BUAINAIN, BONACELLI e MENDES, 2015). Mas não são os únicos benefícios difundidos sobre os transgênicos. A pesquisa agrícola no setor apresenta vários objetivos futuros. Entre eles, a oferta de plantas resistentes à seca ou à umidade, ou até aqueles que venham a servir como vacinas para diversas doenças (VEIGA, 2007).

Para gerir o pacote de vantagens concebido em torno da biotecnologia, o Brasil instituiu em 2007 uma política de desenvolvimento do setor vinculada ao Comitê Nacional de Biotecnologia, conforme o decreto nº 6.041. No campo político e científico, a biotecnologia agrícola também recebe a atenção da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão público federal criado por meio da Lei nº 11.105/ 2005. A finalidade da CTNBio é prestar apoio técnico consultivo e assessoramento ao Governo Federal brasileiro para atualizar e implementar uma política nacional de biossegurança. A regulamentação incentivou o cultivo das plantas transgênicas, cujo crescimento tem ocorrido a passos largos. “Em 2008, a área plantada de milho transgênico era 10 vezes menor” do que a apurada em 2012 (BUAINAIN et al., 2014, p. 406). Na safra 2016/2017, a superfície total plantada com sementes transgênicas alcançou 15,7 milhões de hectares, equivalente a 88,4% da superfície coberta com milho das safras de inverno e verão. No caso da soja, que tem a maior cultura de transgênicos do país, esse número já está perto dos 100% (ALIMENTO, 1999-).

A moderna engenharia genética, que utiliza a genômica [sequenciamento do DNA que compõe um organismo], bioinformática [código digital e técnicas para processar informações obtidas do *big data* biológico], proteômica [estudo de como uma proteína se expressa, no decorrer do tempo, em uma célula] e metabolômica [grosso modo, a interpretação do conjunto de eventos que ocorrem no interior de um OGM antes de ele ser apresentado ao mercado], é sem dúvida instrumento poderoso, que representa uma ruptura com paradigmas anteriores e cuja aplicação potencial é tão grande quanto

desconhecida. Mas poder e incerteza são atributos das inovações e não podem, a menos que existam razões objetivas sérias, ser usados para interromper o processo de desenvolvimento científico e tecnológico. [...] A experiência mostra que a fronteira de inovação de novos paradigmas que se afirmam é sempre mais elástica que a expectativa inicial. Reconhecer que existe risco na utilização da engenharia genética em geral não é, portanto, posicionar-se contrário ao seu uso, até porque na prática toda inovação tecnológica embute certo risco. O ponto é que esse tipo de discussão não pode se dar em termos abstratos, mas sim em termos bastante concretos (VEIGA, 2007, p. 27).

O histórico a respeito da evolução das inovações genéticas, que faz amplo uso da cultura digital, aponta rumos para as aplicações futuras da informática e avanços computacionais, como a Inteligência Artificial, nos agrossistemas (veja mais sobre isso no Capítulo 3 e 4). Retrospectivamente esse aprendizado pode até começar por fatos anteriores ao surgimento dos OGM. “Trajetórias tecnológicas iniciadas na Revolução Verde, a exemplo do melhoramento vegetal, desembocaram na biotecnologia e nos alimentos transgênicos” (BUAINAIN, GARCIA e VIEIRA, 2016, p. 517). Trata-se de um fenômeno universal e contínuo. “A própria indústria de sementes se transformou com as possibilidades abertas pela biotecnologia, a aplicação mais forte da engenharia genética e principalmente as mudanças institucionais no campo da propriedade intelectual” (BUAINAIN et al., 2014, p. 819). A aplicação do código digital, que contribuiu para os OGM acelerarem sua penetração no meio rural, também já proporciona ganhos significativos de produtividade no trabalho ao organizar e gerir sistemas mais complexos de produção. “O que gerações de camponeses praticaram de modo intuitivo e empírico revela-se, à luz da ciência, como um formidável conjunto de técnicas ecologicamente balanceadas, desenhadas para fazer a natureza trabalhar em benefício dos agricultores, por meio do manejo inteligente das complementaridades e simbioses aí presentes” (BUAINAIN et al., 2014, P. 521). Com tantas possibilidades, entretanto,

a produtividade das principais espécies vegetais exploradas comercialmente está próxima das suas respectivas produtividades potenciais. Inovações tecnológicas como espécies transgênicas resistentes a pragas e doenças não deverão contribuir muito para o aumento da produção de alimentos via ganhos de produtividade. Neste sentido, talvez a tecnologia apenas garanta o atual patamar de produção sob o novo contexto das mudanças climáticas e da restrição ambiental no fluxo de recursos naturais. Em outras palavras, os potenciais impactos positivos deste tipo de tecnologia serão a sustentabilidade da produção agrícola e a não expansão da degradação do ambiente natural. A maior contribuição da engenharia genética para aumentar a produção agrícola será o desenvolvimento de espécies mais tolerantes a estresses ambientais. Trata-se de um papel fundamental para enfrentar a mudança de geografia associada aos efeitos do aquecimento global e das mudanças climáticas (BUAINAIN, GARCIA e VIEIRA, 2016, p. 514).

Do ponto de vista do mercado (agricultores, consumidores de alimento), assim como a biotecnologia foi beneficiária do desdobramento da Revolução Verde, ela continuará a se

beneficiar do avanço da informática, da cultura digital no campo. E isso vai trazer benefícios para o agrossistema como um todo, tendo em vista conquistas cada vez mais valorizadas como a rastreabilidade (ALIMENTO, 1999-). Do lado do varejo, torna-se possível por meio da rastreabilidade as pessoas saberem com exatidão o que consomem. Não apenas no sentido de ser ou não OGM, mas também no de se informar sobre quantas calorias, quais proteínas ou vitaminas compõem um determinado alimento. Ou, até mesmo, o nível de poluição ambiental ou consumo de água ocorrido na produção alimentar.

Amplia-se, dessa forma, o conceito de produtividade, muito associado no campo a quantos quilogramas de grãos são produzidos por hectare — porém, medida pouco interessante para o consumidor final (CONWAY, 2003). Nessa trajetória tecnológica, as inovações também promovem cada vez mais a convergência, e até a fusão, entre o mundo digital e físico — representado pelas coisas, máquinas, linguagens — e o biológico (pessoas, plantas, ecossistemas). O fenômeno decorre do surgimento de várias inovações. A *internet of things* (IoT), tema que será apresentado no próximo capítulo, constitui um dos vetores desse novo avanço no agrossistema.

2.10 – Desafios e possibilidades para o agrossistema

O futuro da agricultura e os impactos das mudanças climáticas na Terra, como discutido neste capítulo, requer uma maior atenção à integração das novas linguagens agrícolas ao ecossistema. Aproximar esses elementos por meio do desenvolvimento de arranjos inovadores pode ser uma oportunidade interessante para nortear futuras pesquisas relacionadas ao agrossistema digital, tema dos próximos capítulos. Em outras palavras, promover tecnografias agrícolas que ampliem a geração de renda e a continuidade da agricultura familiar, por meio do comércio justo e do cumprimento dos objetivos propostos pela Agenda 2030 (consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global do clima, paz, justiça e instituições eficazes etc.). Isso representa diversas possibilidades para a continuidade no campo da IoT, da Agricultura de Precisão, das Tecnologias da Informação e da Comunicação na Agricultura, no sentido de orientar trocas mais sustentáveis com as pessoas, a economia, os processos biogeoquímicos.

Mas não pode ser deixado de lado que as inovações digitais, ao mesmo tempo que têm muito a aproveitar dos paradigmas anteriores praticados no campo, calcados em técnicas tácitas e informais de comunicação boca-a-boca, como os vistos na cultura das sementes da paixão ou dos jardins domésticos na Indonésia, representam uma ruptura com essas linguagens milenares

— vide a rejeição da semente Terminator ou, ainda, o caso da emergência da Revolução Verde. Extremamente controversa, vale destacar, a Revolução Verde só se estabeleceu por que teve a seu favor a equação malthusiana da fome. Além disso, a sustentabilidade também não é o único indicador importante de desempenho a ser seguido pelo agrossistema digital — a Figura 6 descreve outros parâmetros necessários (estabilidade, produtividade, equitatividade) com base numa compilação de diversos dados obtidos no livro *Produção de Alimentos no Século XXI* (CONWAY, 2003). Por fim, como exemplifica a experiência com a introdução dos OGM, a aplicação potencial do código digital no campo é tão grande quanto desconhecida.

Indicador	Descrição segundo Conway (2003)	Exemplo
Produtividade	“O rendimento de produto valorizado por unidade de investimento”	Retorno superior do cultivo vegetal, como milho, medido pelo número crescente de sacas colhidas por hectare, rendimento da safra, qualidade das espigas etc.
Estabilidade	“A constância de produtividade em face das flutuações e ciclos normais do meio ambiente circundante”	Variabilidade da produtividade, em função de desafios climáticos e problemas sanitários
Sustentabilidade	“A capacidade do agrossistema em manter a produtividade [de forma estável e equitativa] quando sujeito a estresse ou choque”	Resistência ao: ataque de doenças, pragas, variações climáticas acentuadas (como El Niño), empobrecimento nutritivo do solo, etc.
Equitatividade	“A regularidade de distribuição da produtividade do agrossistema entre os beneficiários humanos, isto é, o nível de igualdade que é gerado”	Rendimentos salariais proporcionalmente equivalentes entre pequenos, médios e grandes produtores agrícolas

Figura 6 - Reprodução dos principais indicadores de desempenho do agrossistema, conforme informações originais compiladas da obra de Conway (2003, p. 205-208).

A vinculação do agrossistema à sustentabilidade não é novidade. “*Rerum rusticarum*, um de vários tratados latinos sobre agricultura”, escrito há cerca de 2 mil anos, já descrevia a linguagem agrícola e defendia que a atividade rural também “é uma ciência que nos ensina que culturas devem ser plantadas em cada tipo de solo, e que operações devem ser feitas para a terra produzir os rendimentos mais altos perpetuamente” (CONWAY, 2003, p. 193). Desenvolver a agricultura em consórcio com todos os elementos que constituem o ecossistema é, portanto, uma opção antiga e inteligente. Ligada ao fato de que sem o ecossistema (até 2018, pelo menos) não haveria agrossistema possível.

Para Conway (2003), criador do conceito de agricultura sustentável, porém a perpetuidade do campo não é superior às demais diretrizes que movem o agrossistema, como a estabilidade e a equitatividade. Assim, a escolha entre os “recursos internos e externos” à agricultura – tais como biotecnologia, código digital da informática, mão de obra, água, solo, sementes, logística,

consumidores – deveria levar em conta o equilíbrio entre os principais indicadores citados (CONWAY, 2003, p. 204). Na prática isso não ocorre. Há uma maior propensão em privilegiar a produtividade em detrimento dos demais indicadores de desempenho, segundo o autor.

É que a ordem imaginada pela comunidade econômica e financeira não respeita necessariamente o equilíbrio entre as partes que constituem o agrossistema e o ecossistema, tais como os itens fundamentais para continuidade do próprio ambiente vegetal (sementes, famílias, cultura). Demonstra isso o desaparecimento da cultura Shaker, produtora de sementes comercializadas com descrições transparentes sobre as qualidades delas. Mas é interessante notar que alguma coisa mudou em relação à suposta organização financeira ideal para o agrossistema. É o que ensina o processo de promoção dos OGM. Em situações como as que fizeram parte da implantação dessa inovação, cujo interesse se tornou objeto de atenção universal conforme descrito no subcapítulo anterior, estabeleceu-se um viés de confirmação tão forte em torno deles que a previsão perfeita do ponto de vista econômico – a de um futuro promissor para os transgênicos, os quais iriam combater a fome do mundo –, não se materializou rapidamente como no caso da Revolução Verde. Em relação aos OGM, tipos de conhecimentos diversos (religiosos, científicos, populares) articularam “um conjunto de dúvidas a respeito do produto que exigiu uma profunda reformulação” organizacional até que houvesse alguma aceitação da tecnologia (VEIGA, 2007, p. 147).

Na virada do século XX, o então maior sistema bancário do mundo, Deutsch Bank, chegou a recomendar que não fossem mais realizados “investimentos em empresas envolvidas na produção de transgênicos”; e foi além: até declarou que os OGM “para agricultura morreram” (VEIGA, 2007, p. 147). Isso ocorreu sem que houvesse “sequer um episódio espetacular e catastrófico capaz de justificar os temores públicos diante da difusão” dos OGM, tornando essa inovação tecnológica tão suspeita que “parte significativa dos investimentos em seu desenvolvimento não foi levado adiante” (VEIGA, 2007, p. 147). A favor dos acontecimentos é necessário frisar que os OGM continuam presentes no campo ao contrário da previsão do banco alemão, como comprovam o crescimento das lavouras de milho e soja transgênicas brasileiras. De qualquer forma, essa história levanta uma questão interessante sobre os riscos de aceitação e promoção futura do agrossistema digital.

Concretamente, desde o episódio do Deutsch Bank, surgiram novas linguagens na área de biologia molecular, como a Crispr (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic*

Repeats). Mecanismo intrínseco ao sistema imunológico bacteriano, esse método está sendo utilizado para edição genômica. Ele tira proveito de cópias curtas de sequências repetidas do DNA animal ou vegetal que podem substituir, ou ser substituídas, por outras sequências, de forma regularmente interespaçada. Todavia haja restrições quanto ao uso da Crispr para modificar a condição genética/comportamental humana, ela já vem sendo adotada pelas empresas agroquímicas e sementeiras no desenvolvimento de Novas Técnicas de Reprodução (*New Breeding Techniques*, ou NBTs, na sigla em inglês) e comercialização de produtos com maior rendimento e tolerância às pragas (CRISPR & NBT, 2018). Na segunda década do século XXI, interessa saber como inovações como essa, além de outras como a IoT, cultivo de alimentos em ambientes controlados nas cidades etc. integrar-se-ão ao agrossistema, tema do próximo capítulo.

CAPÍTULO 3

AGROSSISTEMA DIGITAL

Este Capítulo apresenta o estado da arte das Tecnologias da Informação e da Comunicação na Agricultura (AgroTIC), da Agricultura de Precisão (AP) e da internet das coisas (IoT). Essas inovações atuam no sentido de elevar os índices de produtividade, a eficácia no uso de insumos e de eliminar as barreiras existentes entre os universos físicos e digitais. Nesse sentido, até extinguem os impedimentos que limitavam o tipo de produção de alimentos pertinente às regiões rurais e/ou urbanas. Discute-se também como a taxa de sucesso da implantação dessas inovações depende da universalização das lógicas relacionais baseadas na gestão de grandes quantidades de dados e da expansão da conectividade. Até 2018, especialmente no Brasil, porém isso é travado pela falta de ubiquidade conectiva no campo, bem como pela precariedade na transferência das habilidades necessárias para atuar no agrossistema digital. Assim, a cultura digital tem avançado de forma lenta no meio rural tanto no Brasil quanto em outros países, comparativamente a demais setores econômicos como o segmento financeiro. Acrescenta-se a isso que os agricultores, ciosos do relacionamento milenar com a terra, entendem que há muito valor nos dados coletados pelas AgroTIC, AP e IoT; mas após o processamento das informações pelo agrossistema digital não está claro quem deterá o monopólio dos novos conhecimentos.

3.1 – Quarta Revolução Agrícola em curso

A segunda e a terceira Revolução Agrícola, temas discutidos no Capítulo 2, são reflexos da Revolução Industrial e dos avanços científicos inaugurados no século XVI e intensificados, a partir de 1950, no início do período da grande aceleração tecnológica assinalado pelo Antropoceno. Essa trajetória da história rural é marcada pelo uso de diversas tecnologias de propósito genérico, tais como: energia a vapor, máquinas, descobertas químicas, código digital, biocombustíveis. Em continuidade, a sustentabilidade, a conectividade e a Inteligência Artificial são os fatores preponderantes para quarta Revolução Agrícola em curso. Nesse sentido, “o futuro de nossa agricultura está baseado na ‘*new GRIN revolution*’: [acrônimo de] genética, robótica, internet e nanotecnologia. Tudo isso integrado ao sistema de produção” (ASSAD, 2014).

Essa posição reflete, de maneira particular no agrossistema, o quadro geral de tendências históricas traçado para os próximos 50 anos pelo futurologista Richard Watson (2010), que

cunhou o acrônimo GRIN. Segundo o autor, os computadores, até 2030, vão se tornar mais inteligentes do que as pessoas, embora ainda sem ter ciência da própria existência. “Outro aspecto intrigante dessa questão é a convergência da computação com a nanotecnologia robótica”, cujo marca será a possibilidade de gerar organismos “autorreplicativos no futuro. Adicione a isso”, segundo a futurologia do autor, “a possibilidade de não só baixar a inteligência humana em uma máquina, mas também adicionar a consciência humana nela, e você se depara com a questão de saber se é melhor viver para sempre em uma máquina ou por um tempo limitado num corpo de carbono” (WATSON, 2010, p. 3-4).

É impossível saber com precisão como será o futuro daqui a 50 anos. Mas em retrospectiva, cabe lembrar que foi em 1955 que o cientista da computação John McCarthy cunhou o termo Inteligência Artificial (IA) durante conferência realizada no Dartmouth College nos Estados Unidos (MITCHAM e HUNING, 1986). O conceito foi associado à possibilidade de mecanizar a inteligência humana em todos os níveis. A história não evoluiu dessa maneira. Em termos de calibre, alcance ou extensão, o que é classificado como IA forte (*strong*) – isto é, aptidão semelhante às características amplas, profundas e sutis da inteligência humana – ainda não é uma realidade (KURZWEIL, 2005; BOSTRON, 2016). Todos os sistemas inteligentes em uso possuem uma gama estreita ou fraca (*narrow* ou *weak*) de capacidade cognitiva; ou seja: essencialmente a IA só consegue fornecer ajuda ou superar o pensamento humano em algumas especialidades (jogar xadrez, descobrir padrões de doenças), porém sem nivelar-se à condição humana num sentido amplo. Quanto à superinteligência, termo associado ao filósofo sueco Nick Bostrom (2003) na virada do século XX e que indica um poder cognitivo que excede a inteligência humana, é algo ainda muito distante de se realizar (NILSSON, 2005; GLEISER, 2014; BOSTRON, 2016).

Neste capítulo, em especial nos subcapítulos máquinas lógicas e agentes inteligentes, o estado da arte da inteligência das máquinas usadas pelo agrossistema, como será visto, restringe-se ao que foi definido como calibre estreito, ou IA fraca. Nesse nível, porém é possível afirmar que ao menos parte das tecnologias GRIN já estão presentes nos avanços da biotecnologia agrícola. Conforme relatado no Capítulo 2, a engenharia genética, responsável pelo desenvolvimento dos Organismos Geneticamente Modificados (OGM) e pelo método Crispr de edição genômica, já utiliza a linguagem do código digital para interferir no sequenciamento do DNA das culturas vegetais mais favorecidas pelo agronegócio (milho, soja, trigo). Utiliza também técnicas para

processar em alta velocidade o grande volume e variedade de informações obtido em bases de dados biológicas (MASSRUHÁ et al., 2014).

A engenharia genética faz isso para estudar como uma proteína se expressa, no decorrer do tempo, em uma célula, e interpretar o conjunto de eventos que ocorre no interior de um OGM antes de ele ser apresentado ao mercado. Tendo como ponto de partida, portanto, a bioinformática e a biologia computacional, pesquisadores do agrossistema já usam tecnologias da inteligência e design digital para realizar “simulação e predição no mundo biológico, no mundo vivo”, de maneira “similar ao que acontece na indústria automobilística e aeronáutica, em que os engenheiros desenvolvem grande parte de seus produtos por computador, simulando as partes mecânicas, evitando protótipos defeituosos e minimizando tempo e custo” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 34-35).

Estudo realizado entre 2008 e 2010 pelo projeto europeu *FutureFarm*¹² indica que após 2030 a agricultura será norteadada pelo conhecimento e pelo código digital (ALIMENTO, 1999-). Isso exigirá a adoção integral das chamadas Tecnologias da Informação e da Comunicação na Agricultura (AgroTIC) para a gestão racional, eficiente e efetiva dos processos produtivos. As conclusões desse estudo indicam que o estabelecimento dessa nova realidade no campo, fato que é identificado neste capítulo como agrossistema digital, permitirá elevar os índices de produtividade e eficácia no uso de insumos sem perder de vista a sustentabilidade e a rastreabilidade dos alimentos. Mas a ideia é alcançar isso simultaneamente à redução de custos com mão de obra, o que pode até ampliar o processo de expulsão dos trabalhadores do campo, por sua vez. Embora sejam necessários acrescentar a esses cálculos os investimentos nas AgroTIC, são vastas tanto as oportunidades financeiras quanto os desafios ecossistêmicos para quem demanda e pesquisa novas ferramentas de automação e redes tecnológicas agrícolas.

“Já se tem exemplos da integração de nanotecnologia, jogos, *crowdsourcing* e dispositivos conectados emergindo como componentes importantes na área de bioinformática”, tal como o jogo *Dizeez*¹³, que “visa solucionar questões relacionadas à prospecção de dados genômicos e da estrutura das proteínas” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 34-35). Há expectativas também em torno de o agrossistema digital resolver questões chave para o agronegócio como ampliar o bem-estar dos animais, contribuir para um estilo de vida mais saudável dos consumidores e

¹² Disponível em: <<http://www.futurefarm.eu>>. Acesso em: 24 set. 2017.

¹³ Disponível em: <<http://www.sciencegamecenter.org/games/dizeez>>. Acesso em: 26 set. 2017.

otimizar a distribuição dos alimentos para atender a população global. Segundo os especialistas, as tecnologias digitais proporcionarão ganhos à produção “sem elevar as emissões de gases causadores do efeito estufa e o uso de recursos planetários por quilo de alimento produzido, além de otimizar a capacidade logística de transporte e a manutenção da infraestrutura viária” (SUNDMAE et al., 2016, p. 147-148). Não se espera uma panaceia, porém se alcançar apenas parte dessas metas as AgroTIC representarão um novo paradigma para produtividade do setor rural. Mas em relação à equitatividade pode ampliar as desigualdades no campo e ocasionar, como já apontado, uma redução de postos de trabalho menos especializados no agrossistema.

O documento 2014-2034: Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira visa capturar as principais tendências sobre o setor agropecuário no Brasil e no exterior (MASSRUHÁ et al., 2014). Preparado pela Embrapa, entre as possibilidades indicadas estão a expansão do uso da biotecnologia, da nanotecnologia, das geotecnologias, da automação e da Agricultura de Precisão (AP), que tem maior foco no desenvolvimento de maquinário automatizado e tecnologia eletrônica embarcada ao passo que as AgroTIC, já citadas, estão mais associadas ao setor da informática/software. A visão expressa nesse documento fica mais interessante se associada aos argumentos do artigo *Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm* (NOBRE et al., 2016). Publicado na revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS), os autores defendem um novo modelo de desenvolvimento agrário. O objetivo é ampliar o potencial para criar produtos inovadores e de alto valor agregado, mas sem ampliar a desigualdade social. Para isso sugerem que haja uma aproximação entre o saber tradicional de habitantes como os da região amazônica e as linguagens digitais e as descobertas biológicas avançadas, da chamada Quarta Revolução Industrial (genômica, edição genética, impressão 3D).

Mas a AP e as AgroTIC que aceleram tais conquistas, como a *internet of things* ou internet das coisas (IoT), evoluem de maneira muito fragmentada segundo diversos autores (ALIMENTO, 1999-; SUNDMAE et al., 2016). Não estão suficientemente implementadas as práticas de gestão de grandes quantidades de dados no campo (fora dos laboratórios genéticos) e a conectividade nas fazendas, ambas indispensáveis para o funcionamento da IoT. De fato, até no setor agroindustrial a informatização é percentualmente mais baixa comparada a de setores como o financeiro. Nas fazendas e propriedades rurais o uso de softwares é ainda mais tímido. Deve-se ressaltar, porém, que isso não ocorre só no Brasil. Historicamente em outros países a

introdução das AgroTIC também é mais lenta comparativamente a de outros setores econômicos. Isso dificulta o desenrolar dos avanços GRIN, fortemente baseados na livre e rápida circulação de informações, diferentemente dos ganhos até agora já alcançados pelas tecnologias não-conectadas usadas desde o início da Revolução Verde.

3.2 – Informação

Diversidade é a qualidade que expressa a diferença entre os elementos que, conjuntamente, dão dimensão espacial e evolutiva à composição de uma rede dinâmica como o ecossistema ou um agrossistema específico. É também uma das características marcantes da própria complexidade (Capítulo 1). Na Terra, a quantidade de espécies alcança 10^7 ; já o número de indivíduos existentes alcança 10^{20} (LÉVÊQUE, 2001). Esses números dão uma ideia da possibilidade quase infinita de relações e trocas entre todos os elementos contidos no ecossistema. Tamanha diversidade, entendida como diferença, está na raiz objetiva daquilo que se entende como informação (VIEIRA, 2015), termo originado do latim *informatio*, cujo significado é dar forma à mente ou a um hábito, seguido do sufixo ação. Igualmente, a ubiquidade informativa está associada, no século XXI, à variada quantidade de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) disponíveis, que permitem computar e processar toda sorte de elementos classificados pelo código digital. Isso dá vazão à metáfora atribuída a Edward Fredkin: o “Universo é um computador e a vida, inclusive a vida humana, é apenas um programa em execução no computador” (apud LOGAN, 2012, p. 7).

Informação tem relação a um certo aspecto quantitativo contido em certos tipos de índices, signos que indiretamente nos remetem ao real (PEIRCE apud NÖTH, 2012). Conforme esse raciocínio, informação dá forma a qualquer coisa. A finalidade dela é tornar um signo qualquer cada vez mais similar ou fiel àquilo que representa ou comunica. A informação atua, desse modo, no sentido de diminuir a distância que separa um signo do seu objeto, independentemente de este ser a soja selvagem que brota como um hábito ecossistêmico ou uma marca registrada de alimento criada pela mente humana, como o Soylent¹⁴. Este produto é uma receita desenvolvida em laboratório que leva em sua fórmula proteína, vitaminas e minerais e foi criado para substituir nas dietas o consumo de outros tipos de alimentos, como aqueles à base de soja (selvagem ou cultivada). Em ambos os casos (criação do Soylent ou cultivo da soja), “o conceito essencial em qualquer argumento sobre o funcionamento da mente [ou hábito] se resume a uma

¹⁴ Disponível em: <<https://www.soylent.com>>. Acesso em: 1 maio de 2018.

palavra: informação” (GLEISER, 2014, p. 310). Segundo esse autor, a realidade que integramos e afetamos reciprocamente resulta da conexão de átomos que compõem tudo que existe no cosmos e, em última instância, é formada basicamente por informação.

De maneira concreta como numa pedra, ou até a mais abstrata informação contida numa equação matemática, as informações têm origem na realidade segundo Gleiser (2014). Informação, portanto, está presente em qualquer coisa e em qualquer lugar. Mas isso não quer dizer que seja um conceito fácil de se entender. “A ironia da nossa imersão total na informação e do papel central que ela desempenha em nossa vida econômica, social e cultural é que, na maioria das vezes, não temos uma compreensão clara do que vem a ser exatamente informação” (LOGAN, 2012, p. 8). Além disso, as informações processadas da realidade não são necessariamente planas como nossa mente generalizante pode fazer crer.

O ecossistema precisa de caos e assimetrias para continuar a existir, sendo a “maioria das simetrias fruto de aproximações e todos os objetos reais são essencialmente assimétricos” (GLEISER, 2014, p. 293-294). Isso não significa que os padrões, as regularidades criadas pela nossa mente – ou aquelas manifestadas nos diversos tipos de hábitos, leis físicas da natureza ou sistemas inteligentes como os que já operam no agrossistema com base em ampla diversidade de dados –, sejam exógenas à realidade. O funcional, o simétrico e o padronizado são formas de organização e controle da realidade. Passam a existir no ecossistema por meio da liberdade de nosso pensamento ou hábitos da natureza indispensáveis para o funcionamento de diversas tecnologias ou fenômenos físicos (escrita, tratores, código digital, chuva, raios, trovões).

Para o propósito deste capítulo é importante estabelecer que há uma diferença entre os termos informação e dado; diferença bem tênue, porém. Conforme visto em Aizawa (2016), um dado é qualquer evento ou circunstância física que possa ocorrer antes de ter sido organizado ou arranjado de forma que as pessoas ou redes tecnológicas inteligentes possam entendê-lo. A germinação aleatória de sementes num talhão fértil qualquer, sem nenhum tipo de manejo, tratamento ou identificação, pode ser considerada um dado bruto, que opera como um aspecto quantitativo de um índice relacionado à germinação aleatória de sementes. Já a informação é o resultado de uma análise, segmentação ou classificação de um ou de um conjunto de dados, trazendo significado ou sentido para um contexto específico, como a cultura vegetal identificada como soja ou a elaboração de um suplemento alimentar como o Soylent. De volta ao caso da germinação das sementes, informar-se seria, com base nos dados das plantas que

germinaram num dado talhão, identificar o perfil delas para definir a qualidade e o tipo de alimento que elas representam ou possam representar, entre outras informações regulares ou padronizadas que possam ser controladas.

No contexto que acaba de ser exposto, a informação pode ainda ser caracterizada de duas formas: quantitativa, ou seja, com base em um conjunto de dados resultar em informações que possam ser descritas de forma numérica e quantitativamente; e qualitativa, nas situações em que as informações não podem ser mensuráveis e devem ser avaliadas de forma subjetiva (AIZAWA, 2016). Para melhor compreensão, pode-se descrever uma pesquisa voltada a identificar os motivos que levaram a falhar a germinação de parte das sementes encontradas num conjunto composto por 100 unidades delas. A informação quantitativa seria a apresentação de que 60% tiveram determinado desempenho pelo motivo A e 40% pelo motivo B ou que 20% das sementes apresentaram um estado X e 30% um estado Y. Já a informação qualitativa seria apresentar as respostas a respeito do que ocorreu com as sementes comentando as ações que um agrossistema pode adotar para evitar que falhas de germinação de determinado tipo voltem a ocorrer. Em ambas situações (informações quantitativas e qualitativas), o resultado final produz algum tipo de conhecimento que pode ser usado para saber diferenciar (informar) as características futuras de uma cultura vegetal a ser empregada num agrossistema.

Basicamente, as informações quantitativas e qualitativas necessárias para produção agrícola são aquelas representadas pelas partes contidas no conjunto dos diferentes eventos relacionados à fotossíntese. Indispensável para cultura vegetal, a fotossíntese depende da combinação de dióxido de carbono (CO_2) e da água (H_2O) que, juntos com outras moléculas, formam vários compostos, tais como os carboidratos (glicose), cujo processo libera oxigênio (O_2) para a atmosfera. A cultura vegetal depende, ainda, de fluxos de energia solar e do controle de entrada/saída de informação do ecossistema. Ou seja: os processos planetários biogeoquímicos que garantem a reciclagem dos elementos químicos encontrados na Terra. Trata-se de um intenso fluxo energético e informacional no qual interage um grupo não muito extenso de elementos: Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Potássio, Fósforo, Enxofre, ou, simplesmente, CHONPS, acrônimo em inglês apresentado no Capítulo 1. Tudo isso pode ser demonstrado por meio de expressões matemáticas ajustadas à teoria de crescimento das plantas, da produção de alimentos, necessidades e intempéries do ecossistema. Dessa forma:

Na agricultura são encontrados alguns desafios que devem ser superados para atingir o desejado aumento de produtividade: heterogeneidades inerentes ao ecossistema de

produção agrícola (sistemas biológicos, químicos e físicos); eventos extremos da atmosfera; grande dispersão geoespacial; requisitos de segurança alimentar e alimentos seguros, além das limitações da agricultura [...]. A agricultura trabalha com sistemas biológicos que são inerentemente heterogêneos refletindo no ecossistema de produção agrícola. Os campos podem variar em tipo de solo e teor de umidade para a resolução de um metro quadrado. Padrões climáticos podem variar espacialmente e temporalmente em termos da luz solar e da chuva. As matérias-primas podem ter variações genéticas básicas de planta para planta e de animal para animal. De fato, a variação genética é muitas vezes biologicamente útil para aumentar a resistência a doenças e pragas (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 24).

Organizadas em uma sequência lógica, porém essas informações e conhecimentos gerados por meio delas podem orientar a criação de uma receita (algoritmo) a ser seguida para calcular a produção potencial e o rendimento de uma cultura vegetal no dia-a-dia (GILLER, VEN e LOVENSTEIN, 2017/2018). Ou até mesmo organizar soluções em termos de AP e AgroTIC que permitam a produção de alimentos em ambientes controlados. Inovações desse tipo têm permitido a agricultores da Holanda, um país desprovido de quase todos os recursos necessários para a agricultura em grande escala, posicionarem-se como o segundo maior exportador de alimentos do mundo em termos de valor de venda, perdendo neste quesito apenas para os Estados Unidos, que é 270 vezes maior (VIVIANO, 2017). Isso foi alcançado com investimentos maciços em fazendas que dispõem de um complexo ecossistema elaborado por meio de estufas, algumas cobrindo um espaço de até 70 hectares, nas quais o ecossistema interno é completamente controlado em termos de luz, clima, elementos CHONPS distribuídos regularmente na água e no solo. Isso tem representado ótimas condições tanto financeiras para os fazendeiros quanto de desenvolvimento para culturas vegetais de ciclo produtivo rápido como tomate, alface e outras verduras folhosas.

Um quadro geral sobre as informações ecossistêmicas relevantes que estão envolvidas num processo de produção como o adotado nas fazendas holandesas pode ser apreciado por meio de um fluxograma (veja Figura 7), que é a apresentação de uma série de eventos em formato gráfico, no qual cada ação ou evento é representado por uma figura geométrica (caixas). Tomadas de decisões nesse diagrama são representadas por caixas especiais, possibilitando ao fluxo de ações seguir caminhos distintos por meio da direção indicada por setas. Diagramas ou fluxogramas com essas características, associados a expressões matemáticas, podem ser usados para prever e orientar as características genéticas e produtivas da cultura, tais como distribuição de matéria seca, índice de colheita, eficiência, respiração, crescimento.

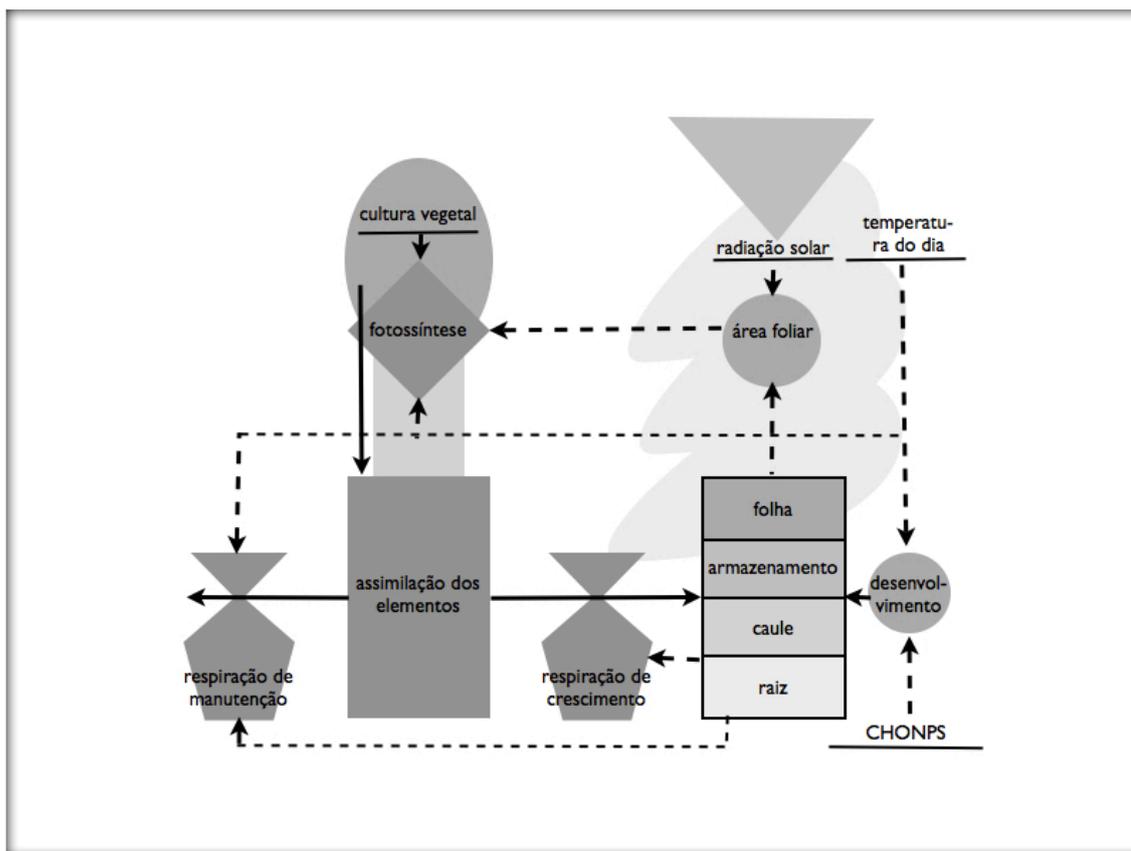


Figura 7 - Reprodução adaptada do fluxograma de potencial de produção da cultura vegetal, cujas partes representadas orientam um modelo digital parcial para o agrossistema (GILLER, VEN e LOVENSTEIN, 2017/2018).

Um modelo concebido nesse formato pode ser usado para controlar soluções em termos de AP e AgroTIC usadas nas estufas holandesas e até para realizar experimentos de simulação agrícola. Por exemplo: como o rendimento será afetado com o aumento da temperatura e alteração dos regimes das estações do ano devido às mudanças climáticas? Ao considerar questionamentos como esses, a análise ou cálculo pode assumir cenários de intempéries atmosféricas e avaliar o impacto disso na cultura vegetal pesquisada. Isso permite algum nível de previsão quanto ao impacto de eventos extremos no ecossistema (secas, tempestades) sob as datas padrão de semeadura, variedades de plantas melhoradas (com diferentes características genéticas) *versus* sementes tradicionais. A Wageningen University (Holanda) dispõe de um modelo informatizado como esse para seus processos de ensino que pode ser usado para testar o desenvolvimento de culturas vegetais em diversos locais do planeta (GILLER, VEN e LOVENSTEIN, 2017/2018).

No agrossistema digital, informações como essas são cada vez mais utilizadas para orientar o funcionamento de softwares ou algoritmos embarcados em máquinas, implementos agrícolas e outras tecnologias agrárias. Ao ponto de no século XXI a informação ter se transformado no

principal insumo da agricultura moderna (MASSRUHÁ et al., 2014; TIAGO, 2018). Isso ocorre por meio da integração de diversas fontes de dados captados por redes de sensores que monitoram variados aspectos da produção, sistemas de alerta de eventos climáticos ou de manifestações de doenças, sistemas de informação geográfica e GPS (*Global Positioning Systems*, em inglês). Fazem parte também dessas linguagens modelos de simulação e sistemas de suporte à tomada de decisão como o descrito no parágrafo anterior, além de sistemas *web* e aplicativos para dispositivos móveis e processamento de informações. No segmento da agroinformática, outra tendência é o uso de softwares com estruturas necessariamente colaborativas.

Conectados às redes móveis, podemos nos comunicar somente se interagimos com nossas interfaces (teclados, *touch screen*, *smartphones*, *tablets* etc.) a partir de um diálogo constante e livre de qualquer tipo de passividade tecnológica de interação, própria das formas comunicativas do espetáculo, e qualquer forma nítida de distinção entre quem produz e quem recebe as mensagens. A construção de uma comunicação em rede, caracterizada por circuitos informativos interativos, obriga-nos a repensar as formas e as práticas de interação social para além da concepção funcional e estruturalista, baseada nas distinções identitárias entre emissor e receptor, produtor e consumidor, empresas e público, instituições e cidadãos, público e privado, que já não conseguem mais explicar a complexidade das relações das formas metageográficas do habitar contemporâneo (DI FELICE, 2017, p. 52-53).

Estruturas colaborativas baseadas na intensa transmissão, relação e troca de informações eliminam as distinções entre os universos físicos e digitais e até mesmo as distâncias que costumavam separar os territórios urbanos e rurais. O primeiro impacto disso é que não importa mais a origem e nem o tipo de dado disponível (imagens, medições, alertas de texto, sons). Quaisquer dados se tornam passíveis de ser agregados e controlados numa mesma plataforma próxima ou remota do ponto no qual eles são gerados (TIAGO, 2018). Além disso, ampliam “os relacionamentos profissionais, interpessoais e transacionais” dentro de uma mesma plataforma digital, “como se fosse uma rede social [...], gerando novos modelos de produção e financiamento para as empresas, como, por exemplo, *crowdsourcing* e *crowdfunding*” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 34). Mas devido à “complexidade e heterogeneidade das tecnologias emergentes como as AgroTIC, a nanotecnologia, a biotecnologia, a robótica e suas aplicações na agroindústria, é natural que ainda não se tenha uma perspectiva sistemática, integrada e interdisciplinar entre elas” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 35).

3.3 – Máquinas lógicas

Modelos de produção agrícola associados às TIC, como o usado pela Wageningen University ou pelas estufas holandesas, permitem, segundo os especialistas, “planejar a cultura florestal e

animal e usar de forma mais eficiente os recursos naturais bióticos e abióticos, os insumos químicos e biológicos, o capital humano, a infraestrutura” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 192). Outra possibilidade é que eles minimizam os riscos associados às mudanças climáticas e às doenças e pragas. Para operá-los, o processamento de todas as informações necessárias para o funcionamento deles se apoia, normalmente, em mecanismos lógicos como os usados pelos computadores. Entretanto, comparativamente ao computador, “o que vem a ser uma ‘máquina lógica’? Essa pergunta não é recente. Já em 1887, Charles Sanders Peirce publicou um artigo sobre o tema”, explica a tradução comentada desse artigo realizada por Nöth, Gazoni e Cestari (2014, p. 40). Segundo os autores, uma máquina lógica é aquela que se presta a ajudar o raciocínio humano.

Isso equivale a dizer que a máquina funciona como um diagrama do raciocínio e implica que há uma semelhança de funcionamento entre certos tipos de raciocínios humanos e o funcionamento de máquinas; em 1887, no próprio artigo [intitulado Máquinas Lógicas], Peirce afirma que essa semelhança se deve ao fato de que tanto a álgebra [ramo da matemática que estuda a manipulação formal de equações, operações matemáticas] quanto a natureza funcionam de acordo com leis. Mais tarde, em 1902, Peirce dará uma nova feição aos tipos de raciocínio, tornando claro que no raciocínio dedutivo, que é o implementado pelas máquinas lógicas que analisou em 1887, as premissas são índices das conclusões, ou seja, dadas as premissas, somos compelidos à conclusão por força bruta, secundidade [...]. Mas no artigo de 1887, Peirce também vai além e nos lembra que qualquer aparato que siga as leis da física e da química – de fato ele fala em “aparato para realizar experimentos” – também é uma máquina raciocinante nesse sentido: segue as leis da natureza, e se presta à nossa interpretação dessas leis, sendo instrumentos de pensamento e, portanto, máquinas lógicas (NÖTH, GAZONI e CESTARI, 2014, p. 41).

Utilizar um tipo de inteligência maquínica implica em adotar algo que maneje informações com base em uma lista de instruções. Pode-se dizer que esse tipo de conhecimento vem sendo desenvolvido por meio de uma série de descobertas tecnológicas. É o que indica a pesquisa *Confrontações entre Máquinas Físicas, Máquinas Semióticas e Máquinas Ontológicas* desenvolvida por Gala (2016). Essa pesquisa apresenta uma definição alinhada ao conceito clássico de mídia proposta por McLuhan (1967), de que as máquinas lógicas são elaboradas para ampliar a capacidade intelectual humana e atuar como extensão do próprio homem.

As primeiras soluções como essas giravam em torno da concepção de mecanismos que ajudavam no processo de cálculo analógico ou ao redor de tarefas repetitivas e simples (Ábaco, 1000 A.C; Tear automático de Jacquard, 1801; Máquina de diferenças de Babbage, 1882). Numa evolução constante, esses computadores mecânicos (analógicos) resultaram em sistemas eletrônicos (ENIAC, 1946, 30 toneladas, 18.000 válvulas, capaz de realizar 5.000 somas por segundo). E, mais tarde, deram origem a diversas sistemas digitais, tais como IBM 360, em

1965, e Apple, 1976. Este último, ainda utilizava um conjunto de TV e teclado para funcionar e era operacionalizado pelo sistema *Basic*, escrito pelo bilionário e filantropo Bill Gates (fundador da Microsoft, em 1975).

Desde a antiguidade alguma assistência mecânica é frequentemente requerida para a realização de operações mentais; a mão, os dedos e o ábaco, por exemplo, são instrumentos mecânicos (e diagramáticos) usados para fazer cálculos e facilitar a computação. O sistema numérico hindu-arábico tem também algo de diagramático, uma vez que relaciona a posição de alguns números em relação a outros para determinar seus respectivos valores; é somente pela compreensão das relações (neste caso, hierárquicas) entre os algarismos que se torna possível diferenciar 1500, 5100 e 51, por exemplo. Ainda sobre performances mecânicas nas operações mentais, vale citar brevemente o argumento de Peirce [...] para quem a faculdade de discussão teórica de um filósofo, por exemplo, se localiza em dois lugares ao mesmo tempo, em seu cérebro, mas também em seu tinteiro, uma vez que, sem seu instrumento, se mantém incapaz de agir, escrever e, neste sentido, discutir (NÖTH, GAZONI e CESTARI, 2014, p. 41).

A evolução das máquinas lógicas ocorreu por meio da arquitetura básica desenvolvida, em 1945, pelo engenheiro de computação Von Neumann (FERRARI e CECHINEL, 2008; GALA, 2016). De forma geral, este mesmo modelo é seguido até hoje, 2018. Conforme esse padrão, os computadores são compostos por três partes distintas: a unidade central de processamento, a memória e os dispositivos de entrada e saída, E/S (teclado, tela, impressora, discos, mouse). O sistema E/S de informações dessas primeiras máquinas já utilizava a codificação criada pelo engenheiro Alan Turing (1912-1954), cujo procedimento faz uso de códigos binários (0 e 1) para resolver problemas matemáticos e está na origem do conceito de algoritmo. Como ele previu, computadores eletrônicos são máquinas reais que executam os mesmos procedimentos simples de uma máquina de Turing universal, concebida como um aparelho dotado de uma fita com instruções escritas de controle, capaz de simular qualquer máquina de Turing.

“A importância da arquitetura introduzida por Von Neumann [(1903-1957)] é que esta permitiu que o algoritmo (programa) a ser executado seja tratado da mesma forma que os dados lidos e escritos pelos próprios programas” (GALA, 2016, p. 38). Por sua vez, a contribuição de Turing para ciência da computação está associada diretamente ao trabalho do lógico austríaco Kurt Gödel (1906-1978), “que trouxe o elemento humano à matemática. Em 1930”, Gödel demonstrou que “um sistema formal não pode ser provado usando as regras do próprio sistema. Em outras palavras, o sonho de se construir a matemática como um sistema lógico completo e autônomo”, conforme perseguido por Whitehead e Russell no livro *Principia Mathematica*, “foi sumariamente destruído” (GLEISER, 2014, p. 299-300). Dessa forma, pode-se dizer que:

Uma máquina de Turing é, essencialmente, um computador idealizado, equipado com um programa e memória ilimitada. Na prática, por um tempo finito e com memória suficiente, a maioria dos computadores trabalha como se fossem máquinas de Turing. O aparelho e a fita são o que chamamos de *hardware* – a porção mecânica da máquina –, ao passo que o conjunto de regras que controla o seu funcionamento é o programa ou o algoritmo. Turing mostrou que qualquer máquina Turing sofre do chamado “problema de parada” (“*halting problem*” em inglês), sua inabilidade de determinar se um programa arbitrário para ou se continua rodando indefinidamente. [...] Turing mostrou que é impossível construir um único algoritmo capaz de levar a uma resposta afirmativa ou negativa sobre a parada do programa. Com isso, sempre existirão proposições cuja verdade ou falsidade não pode ser decidida em um número finito de passos [sendo a solução para isso criar camadas ou redes sucessivas de algoritmos que respondam de forma pertinente cada nova proposição levantada]. Se a matemática tem uma estrutura axiomática baseada em certas regras simbólicas, Gödel e Turing responderam às três famosas questões formuladas em 1928 pelo matemático David Hilbert de forma dramática — e na negativa: a matemática enquanto estrutura formal não é completa, não é autoconsciente e não é decidível. Em outras palavras, a mecanização do pensamento humano a partir de uma sequência fixa de regras lógicas é mera fantasia (GLEISER, 2014, p. 302-303).

Também chamado de software ou programa, um algoritmo apresenta essas limitações e pode ser descrito como uma sequência finita de instruções ou passos necessários para resolver um determinado problema. “Sempre que desenvolvemos um algoritmo estamos estabelecendo um padrão de comportamento que deverá ser seguido (uma norma de execução de ações) para alcançar o resultado de um problema” (FERRARI e CECHINEL, 2008, p. 14). Segundo esses autores, a eficiência algorítmica está fundamentada em algumas premissas básicas. Elas devem ser apresentadas no momento de sua construção e levar em conta três parâmetros:

- Definir ações simples e sem ambiguidade.
- Ordenar todas as ações necessárias.
- Atribuir a essas ações uma sequência finita de passos.

Os algoritmos, ao seguirem essas premissas básicas, são capazes de: “realizar tarefas como ler e escrever dados; avaliar expressões algébricas, relacionais e lógicas; tomar decisões com base nos resultados das expressões avaliadas; repetir um conjunto de ações de acordo com uma condição” (FERRARI e CECHINEL, 2008, p. 14). Os autores acrescentam que a programação de um algoritmo precisa ainda seguir três passos: o da entrada de dados ou informações; o processamento de dados ou informações; e a etapa de saída das informações. Na etapa de entrada são providenciados dados ou informações para que ele seja executado. Isso pode ocorrer tanto no momento em que o programa está sendo rodado como já estar embutido nele. A avaliação das expressões algébricas, relacionais e lógicas ocorre durante o processamento, bem como todas as estruturas de controle condicionais ou repetitivas existentes no programa. A parte de saída inclui “todos os resultados do processamento (ou parte deles) que são enviados para

um ou mais dispositivos de saída, como: monitor, impressora, ou até mesmo a própria memória do computador” (FERRARI e CECHINEL, 2008, p. 16).

3.4 – Agentes Inteligentes

Os computadores e os organismos biológicos para processar informações exibem necessariamente ações descontínuas e contínuas (causações eficientes e finais), que podem ser classificadas como inteligentes ou mentais (conforme discutido no Capítulo 1). “Assim sendo, haverá mente ou causação final [continuidade] onde houver triadicidade. Onde houver tendência para a mudança de hábito, para aprender, para o crescimento, ou evolução, aí haverá mente, não importando quão rudimentar essa ação possa ser” (SANTAELLA, 2013, p. 57). Existem, como se subentende, diversos tipos de inteligência e aspectos do funcionamento da mente humana que podem até ser associados ou desempenhados integralmente por agentes inteligentes. Dito de outra forma, inteligências que são “construídas sempre com base num conhecimento bem definido da função ou do procedimento formal que descrevam o comportamento desejado para resolver um problema definido” (GALA, 2016, p. 15). “Mas a chamada inteligência artificial ‘forte’, significando inteligência legítima em uma máquina, continua um objetivo distante” (GLEISER, 2014, p. 306).

Ciente desse limite, um agente pode ser classificado como inteligente se ele tem “a capacidade de aprender com o que ele percebe. Sua configuração inicial pode refletir um conhecimento prévio de seu ambiente, mas deve poder evoluir conforme ganha experiência” (GALA, 2016, p. 52). Seguindo esses princípios, máquinas podem ser programadas para reconhecer certos tipos de enfermidade das plantas tendo por base a análise de aberrações provocadas por essa doença nas folhas de uma determinada variedade vegetal. No entanto, como são poucas as situações ambientais nas quais todos os desdobramentos possíveis podem ser programados ou planejados *a priori*, conquistar autonomia é a única alternativa adequada para que a ação do agente inteligente não se restrinja às deduções previstas por seu programador. “Após criar um histórico de percepções particulares o agente autônomo pode levá-lo a uma posição de independência desse conhecimento inicialmente projetado” (GALA, 2016, p. 52).

Tecnicamente isso é chamado de *machine learning* (aprendizado das máquinas), e corresponde à capacidade que as novas tecnologias digitais têm de aprender por meio da identificação de padrões obtidos do cruzamento de informações geradas por grandes bases de dados (*big data*). Nas últimas décadas, o agrossistema tem se beneficiado com a automação industrial. Máquinas

como tratores e colheitadeiras cada vez mais adotam sistemas eletrônicos embarcados, compostos por programas escritos em código digital e dispositivos E/S (hardware), segundo o livro *Agricultura de Precisão* (BERNARDI et al., 2014). Conforme essa obra, a eletrônica embarcada é importante para que as operações se tornem menos dependentes da experiência do operador (suas habilidades ou conhecimentos tácitos) e mais orientadas pelo *big data*. Colaboram, desse modo, para orientar o comportamento operacional da máquina dentro dos parâmetros aceitáveis de produção. Entretanto, o retorno econômico desse processo é obtido somente se a operação de forma manual apresentar uma taxa significativa de erro.

Quanto maior essa taxa de erro (situações cuja conclusão seja diferente do planejado no início do processo), corrigi-la proporcionará economia superior ou algum impacto econômico positivo ao desempenho do agrossistema (BERNARDI et al., 2014). Para erros não humanos ou naturais, o argumento mais comum é a intensidade da diferença. Se uma propriedade alcança diferença de produção de duas a dez toneladas por talhão e a aplicação de insumo neles é uniforme, torna-se fácil entender que em algum ponto o insumo está sendo aplicado de forma equivocada. Isso ocasiona desperdício. Por outro lado, se aplicado em quantidade insatisfatória perde-se a chance de alcançar uma produção mais elevada. A oportunidade de ampliar a rentabilidade econômica do negócio por meio de investimentos em agentes inteligentes (automação de máquinas e implementos agrícolas) cresce proporcionalmente à discrepância descoberta e a capacidade de torná-la insignificante. “Por outro lado, se um sistema de produção apresentar diferença pouco significativa, o retorno econômico seguramente será insignificante ou até negativo” (BERNARDI et al., 2014, p. 24-25).

O conhecimento da variabilidade da produção e da sua qualidade é útil para qualquer cultura, sejam aquelas cultivadas em pequenas áreas como aquelas que ocupam grandes extensões de terra. Para isso, basta que o produtor ou o técnico inicie este trabalho de observação, medida e registro dessas variações. Estas diferenças fazem com que os produtores e técnicos tratem cada região de modo diferente, de acordo com suas potencialidades e necessidades. Atualmente, as tecnologias de amostragem de solo em grades georreferenciadas são as mais utilizadas pelos produtores para mapear as propriedades do solo e aplicar corretivos e fertilizantes em taxas variáveis. O mapeamento da produtividade também está muito difundido para a cultura de grãos (em especial milho e soja), pois as colhedoras já vêm equipadas com monitores de colheita que possibilitam obter estes mapas. Também já existem equipamentos comerciais para mapeamento da produção do algodão. No caso das culturas perenes, como as fruteiras, por exemplo, esses mapas podem ser gerados por meio do monitoramento de planta ou grupo de plantas. Existe ainda uma ideia equivocada de que para utilizar a AP são necessários máquinas e equipamentos caros e sofisticados. Essas máquinas e equipamentos podem, de fato, auxiliar muito o produtor e o técnico, porém o elemento essencial para adotar a AP é a constatação de que há variabilidade espacial e a sua intensidade é muito elevada para tratá-la como uniforme (BERNARDI et al., 2014, p. 19).

Tendo em vista sanar essas variáveis, a adoção de agentes inteligentes autônomos tem se tornado uma tendência crescente para localizar discrepâncias produtivas e torná-las insignificantes por meio do investimento em Agricultura de Precisão (AP). Esses agentes têm sido incorporados em “máquinas e implementos agrícolas, irrigação, criadouros, processamento, armazenamento e transporte de produtos agrícolas, construções rurais e ambiência” (BERNARDI et al., 2014, p. 24-25). A pesquisa em torno dessas inovações tem apresentado ao mercado modelos AP concebidos também para aquisição e transmissão de uma grande quantidade de dados que podem ser eletronicamente apurados na lavoura ou em sistemas agroindustriais. Isso abrange especialmente sistemas ou redes automatizadas inteligentes para máquinas dotadas de sensores, controladores e atuadores embarcados que seguem padrões de comunicação que trocam informações expressivas entre eles e com o campo.

Nessa rede se destacam as tecnologias *wireless* usadas para telemetria e o “padrão de comunicação eletrônica para equipamentos agrícolas” que segue a norma ISO11783 ou ISOBUS (BERNARDI et al., 2014, p. 166). Trata-se de um padrão internacional que amplia a compatibilidade entre diversos tipos de equipamentos para que haja interoperabilidade entre eles. A ISOBUS baseia-se num protocolo de comunicação digital em série para transmissão, relação e troca de informações entre máquinas agrícolas. Dessa maneira, esse padrão serve para normatizar a programação da comunicação entre os sistemas eletrônicos embarcados. “Essa padronização permite o uso de apenas um terminal para reconhecer, monitorar e gerenciar automaticamente os implementos” (BERNARDI et al., 2014, p. 99).

Entre os sistemas E/S (como mouse e teclado), as interfaces (sensores, atuadores, controladores) tornam-se cada vez mais importantes. É assim desde que o computador e a eletrônica embarcada passaram a ser usados em agentes inteligentes para facilitar a troca de informações entre humanos, máquinas e o ecossistema ou entre máquinas e máquinas, conforme esclarece Santaella (2013b) no livro *Comunicação Ubíqua*. Entre os tipos de interfaces existentes, os sensores são descritos como microfones, células fotoelétricas, detectores de ultrassom, radares, sondas. Os dispositivos sensoriais, sejam eles analógicos ou digitais, seguem uma lógica particular para captar diversos dados ecossistêmicos: força, luz, calor, movimento, umidade, estresse, sons. Entre os atuadores citam-se os dispositivos pneumáticos, hidráulicos, elétricos, como *dimmers*, cuja função é permitir a movimentação dos agentes inteligentes. Por sua vez, os controladores de acesso para esses dispositivos cumprem o papel de unidades processadoras (CPU) na relação com os dispositivos externos.

Um agente inteligente é composto por interfaces para perceber, agir e controlar sua relação e troca com o ecossistema, outras máquinas e o homem (SANTAELLA, 2013b; GALA, 2016). Como ocorre num organismo humano, cujos olhos, ouvidos e mãos percebem o ambiente ao redor de modo visual, sonoro e tátil. Atuam também como pernas, boca e as próprias mãos, para agir sobre o ambiente. Já uma máquina lógica, como um trator com sistemas eletrônicos inteligentes embarcados, pode ter filmadoras que captam diferentes espectros da visualidade e até aqueles que a visão humana não pode captar. Agentes inteligentes podem ainda conter membranas para captar ondas sonoras e até o calor. De forma geral, esses agentes inteligentes são dotados de mecanismos de retroalimentação capazes de organizar o comportamento deles de modo autônomo em relação às condições de um dado agrossistema. O objetivo disso é fazer com que sempre alcancem o melhor desempenho. Mas para operá-los precisa-se de quantidades cada vez maiores de dados, a serem transformados em informações, e que indiquem as regularidades e os padrões comportamentais importantes para serem controlados dentro do campo de ação dos agentes inteligentes.

3.5 – Big data, inteligência de negócios e computação em nuvem

Um grande volume e variedade de dados a ser transformado em informação e, posteriormente, em conhecimento ou inteligência, é intensamente gerado por todas as interfaces embarcadas em produtos comerciais da AP e nas AgroTIC. *Big data* é como isso é chamado. O termo ganhou relevância no século XXI e está apoiado em três pilares, os chamados 3V's: volume, velocidade e variedade (AIZAWA, 2016). O primeiro V, volume, é caracterizado pela quantidade de dados que cresce exponencialmente a cada dia por meio de diversas fontes como sensores RFID (*Radio-Frequency Identification*), dispositivos móveis, câmeras, computadores. O segundo V é de velocidade, tendo em vista que a demanda para análise dos dados não é mais contada no tempo de semanas ou horas, porém, sim, em tempo real. Desse modo, processos de negócios (plantar ou não uma cultura; armazená-la ou vendê-la) são orientados tendo como ponto de partida a análise imediata de cenários. Isso ocorre quando uma cooperativa agrícola, com o cliente aguardando na linha telefônica, aprova ou rejeita sem pestanejar um pedido de financiamento da safra dele com base na pesquisa do histórico econômico do produtor.

O terceiro V atribuído ao *big data* se refere a variedade dos dados, ou seja, ter a capacidade de processar e analisar dados de diferentes fontes e com significados tanto estruturados (organizados em linhas e colunas) quanto não-estruturados, aqueles que não podem ser

organizados em linhas e colunas, tais como vídeos, sons. O fato originador desses dados pode ser documentos, imagens, áudios, comentários nas redes sociais, avaliações das culturas agrícolas, sites especializados em notícias. Em suma, o grande volume e variedade de informações processado em alta velocidade constitui a base do *big data* que vai orientar os agentes inteligentes embarcados em produtos da AP e nas AgroTIC. Isso possibilita a análise preditiva, análise estatística de dados, modelos de simulação que são alguns dos pilares para inovação no agrossistema digital.

Estas tecnologias melhorarão a forma de gestão da propriedade, permitindo a obtenção de produtos com garantia de qualidade que atendam a protocolos de produção e requisitos de conformidade. A forma pela qual as informações e conhecimentos estão sendo disponibilizados na *web* e em dispositivos móveis já está permitindo que os atores envolvidos nas cadeias produtivas tenham acesso às informações e aos conhecimentos originados de fontes pluralísticas [...]. Isso significa que, não somente o conhecimento gerado pelas instituições de pesquisas vem sendo utilizado, mas também o conhecimento tácito obtido por produtores, provedores de serviço e extensionistas está sendo utilizado nas inovações (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 209).

Em resumo, tecnologias desenvolvidas em torno do *big data* permitem apurar, comparar e classificar dados a fim de obter informações qualitativas e quantitativas que auxiliam no controle do processo decisório inerente aos diversos níveis operacionais da cadeia produtiva agrícola. Em termos econômicos gerais, isso permite aumentar o valor e a vantagem competitiva do agrossistema. Novas tendências, padrões de comportamento e oferta de produtos e serviços são descobertos por meio de técnicas automatizadas de mineração de dados e cruzamentos de informações geradas por meio do *big data*. Além disso, “pode-se utilizar modelos de inteligência computacional e simulação para emissão de alertas e suporte à decisão agropecuária” associados a Sistemas de Identificação Geográfica (SIG), “bem como sistemas de informação e gestão do conhecimento implementados em aplicações *web* e dispositivos móveis” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 24).

No entanto, como os dados captados por sensores nem sempre geram todas as informações e conhecimentos necessários para tomada de decisões em tempo real, é preciso agregar um serviço analítico às técnicas automatizadas de mineração de dados e cruzamentos de informações geradas por meio do *big data*. Isso permite que diferentes níveis hierárquicos rurais recorram, oportunamente, à visualização das informações do desempenho do agrossistema indicativas das ações que possam ou devam ser adotadas. Em outras palavras, “o campo do *big data* está predominantemente associado à inteligência de negócios [BI (*business intelligence and*

analytics)] que envolvem a manipulação e a análise de dados, base de dados, aprendizagem de máquina, econometria, visualização de dados” (SANTAELLA, 2016, p. 31).

As decisões não ficam mais restritas aos gestores. É cada vez mais comum o uso de soluções BI até por parte dos trabalhadores da linha de frente do negócio (extensionistas, condutores de trator). Mas o uso dessas soluções requer cada vez mais a curadoria de profissionais especializados em tecnologias da inteligência e design digital. Isso significa que:

Nesse ambiente, os executivos e gestores da área de TIC ou TI interferem de forma significativa na administração, no planejamento e na condução nas decisões de adoção e investimento de tecnologias que possibilitam contribuir para aumentar o desempenho [...]. Esta necessidade de ampliar as potencialidades do desempenho organizacional traz também mudanças para a nova estruturação organizacional, que inclui a diminuição de níveis hierárquicos para aproximar os níveis estratégicos e operacionais [...]. Este princípio da nova organização se complementa com novos conceitos de grupos de trabalho, tais como: equipes de projetos, comunidade de prática, redes informais e colaborativas, possibilitando a diminuição da área de autoridade e aumento da área de liberdade, sempre contando com uma coordenação e responsabilidade que passa a ser corporativa [...]. Com esta mudança na evolução organizacional dentro das empresas os indivíduos passam a repensar suas posturas tornando-se mais exigentes em relação ao uso da TI, tendo maior relação com os recursos que a TI proporciona e internaliza com características específicas quanto a uma nova proposta de formação profissional impulsionada por esses meios (PINOCHET, 2014, p. 205-206).

Historicamente, a inteligência de negócios tem sido utilizada principalmente por analistas e gestores, que controlam dados por meio do uso de ferramentas complexas e aplicativos de planilha. Mas com a tomada de decisão envolvendo uma gama maior de funcionários e funções de negócio, os principais fornecedores de BI têm fornecido soluções acessíveis a esses diversos públicos. Para isso, leva-se em conta qual tipo de informação interessa para cada um dos diferentes níveis hierárquicos envolvidos numa cadeia de negócios. Para cada um deles há perfis de dados a serem captados e de informações a serem compartilhadas (AIZAWA, 2016).

Os empregados na linha de frente necessitam de informações em tempo real para tomada de decisão operacional. Gerentes e executivos, responsáveis por monitorar os processos táticos de execução definidos pelos donos do negócio precisam de informações como elementos e métricas de produção e comercialização para checar se as ordens estão sendo cumpridas a contento. Por sua vez, os diretores e os proprietários necessitam não somente de dados táticos, porém também estratégicos. Isso implica em maior volume de informações qualitativas e quantitativas tanto do próprio negócio quanto da concorrência para tomar decisões conforme os vários cenários condizentes com as metas almejadas (AIZAWA, 2016).

Para cumprir todas essas prerrogativas, a BI permite que tomadores de decisão acessem as fontes de informação por meio de diversos tipos de dispositivos eletrônicos manejáveis onde for necessário (na cabine de um trator, por exemplo). Devem ainda poder ser acionados em conjunto com a emissão de relatórios, análises processuais e mineração de dados, acessíveis num mesmo ambiente (plataforma) como parte de uma solução integrada. No agrossistema, a título de exemplo, a brasileira Agronow segue essa tendência para realizar estimativas sobre a produtividade da colheita com taxa de acerto de até 90% (ALIMENTO, 1999-).

Ao adotar a tecnologia Agronow os usuários têm a possibilidade de gerir *on-line* a plantação, quer estejam no campo ou na cidade. Por meio de diferentes aplicações, o produtor consegue localizar pragas, orientar a suplementação de insumos, identificar áreas mais e menos férteis. A plataforma de inteligência agrícola fornece também informações atuais ou de safras passadas sobre as propriedades rurais. A dinâmica de funcionamento dela possibilita a emissão de análises diárias e oferece ao agricultor a possibilidade de se programar financeiramente para ampliar o retorno ao comercializar a “safra no melhor período, além de reduzir desperdícios, gerando economia. A antecipação das informações de produtividade também possibilita que o produtor se organize em caso de possíveis perdas ou produção abaixo da expectativa” (ALIMENTO, 1999-).

Nessa mesma linha, a empresa chilena AgroPrime oferece tecnologias de gestão para processos produtivos com características similares às que acabam de ser descritas. “Seu *software* agrícola se destaca quanto ao registro de atividades de produção e também por suas soluções móveis, inteligência de negócios e agricultura de precisão” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 358). De fato, o foco principal da BI é fornecer interfaces mais fáceis de usar para ampliar o leque de usuários, estejam eles localizados onde estiver. A caixa preta (os algoritmos e a tecnologia embarcada nessas plataformas) mantêm-se invisíveis ao interesse da maior parte dos usuários.

As soluções BI concentram-se principalmente em três principais dimensões (VIANA, 2017):

- Organizacionais, como *social business* ou tecnologias sociais, interação e comunicação aberta com fornecedores e clientes.
- Recursos humanos ou de gestão, como colaboração *on-line*, *softwares* e redes sociais para compartilhamento de dados, conferências e reuniões virtuais.
- Tecnológicas que envolvem computação em nuvem, serviços de internet, *big data*.

Todas essas dimensões demandam da infraestrutura de TI do agrossistema um conjunto de habilidades e tecnologias (treinamento, conhecimento de linguagens) necessário tanto para o desenvolvimento quanto para o uso eficiente dos sistemas de informações gerenciais em suas diversas aplicações.

Além das áreas de *big data*, análise preditiva e plataformas sociais, a mobilidade e a computação em nuvem são alguns dos pilares para inovação nas empresas. O novo perfil econômico da sociedade brasileira e a sua relação com a tecnologia, com destaque para os dispositivos móveis, estimula um modelo de *data center* mais bem preparado para atender à tendência de crescimento de fluxo de informações, buscando eficiência, dinamismo, alta disponibilidade e baixo custo. Com a popularização dos *smartphones, tablets* e, mais recentemente, com a chegada do conceito BYOD (*bring your own device*), a mobilidade se consolida como um dos pilares fundamentais sobre os quais esta reestruturação está baseada. Outra tendência é a computação em nuvem, caminhando para uma segunda geração de nuvem, mais avançada, em que é possível ter uma nuvem privada além da nuvem pública ou um modelo híbrido (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 34).

A computação em nuvem (*cloud computing*) também é chamada de computação sob demanda. Trata-se de uma prática de contratar recursos de computação e infraestrutura conforme a demanda do negócio, de forma flexível, aumentando ou reduzindo os recursos de acordo com a necessidade e pagando somente pelo uso (AIZAWA, 2016). Essa capacidade geralmente é oferecida por *data centers* e a entrega dos recursos são feitos por meio da internet (ou seja, sob demanda). Isso pode ocorrer por meio dos seguintes modelos, segundo Aizawa (2016):

- *Software* como serviço (*Software as a Service*, SaaS): o aplicativo Google Drive¹⁵, que dá acesso a editores de texto e planilhas de cálculo *on-line*, além de espaço para armazenamento de arquivos, é um exemplo de SaaS.
- Infraestrutura como serviço (*Infrastructure as a Service*, IaaS): uma modalidade em que o cliente contrata a infraestrutura de servidores e o ambiente necessário como serviço, porém a relação de suporte é no nível da infraestrutura; ou seja: não precisa comprar o equipamento, mas os programas e sistemas usados ficam sob responsabilidade do cliente, tal como ocorre na plataforma Amazon Web¹⁶.
- Plataforma como serviço (*Platform as a Service*, PaaS): um modelo no qual há maior envolvimento dos fornecedores, pois é responsabilidade deles entregar os ambientes com a infraestrutura e as linguagens de programação para o desenvolvimento das aplicações. Por exemplo, IBM Bluemix¹⁷, fornecida pela International Business

¹⁵ Disponível em: <<https://www.google.com/intx/pt-PT/drive/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

¹⁶ Disponível em: <<http://aws.amazon.com/pt/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

¹⁷ Disponível em: <<https://www.ibm.com/cloud-computing/bluemix/pt>>. Acesso em: 22 set. 2017.

Machines (IBM), que oferece ferramentas de IA (compreensão de linguagem natural, análise e entendimento de imagens e vídeos) ou, conforme o jargão técnico, diversas APIs, *Application Programming Interface*, no original em inglês. Ou seja: um conjunto de rotinas e padrões de programação baseado na internet. Para os clientes da PaaS, portanto, o foco é na criação das soluções ou produtos, sem se preocupar com a infraestrutura para executar os sistemas, cuja responsabilidade fica com o fornecedor da plataforma.

3.6 – Novas aplicações e modelos tecnológicos

No agrossistema o uso da computação sob demanda, da BI, da biotecnologia, da AP e das AgroTIC, como ocorre nas estufas holandesas, tem potencial revolucionário (MASSRUHÁ et al., 2014). Seja para eliminar as barreiras entre os universos físicos e digitais ou aquelas que limitavam o tipo de produção pertinente ao campo, mas não as cidades. O histórico a respeito da evolução das inovações genéticas, visto no Capítulo 2 e que retrata o amplo uso da cultura digital no campo, já apontava para as possibilidades futuras de uso da informática na modelagem dos OGM. Mas mais do que isso, “pensar o processo de digitalização significa” admitir que houve “uma alteração do estado de natureza da biosfera, do globo, terrestre e do universo até agora por nós conhecidos; significa considerar a passagem de uma matéria como coisa ou objeto a uma materialidade informativa e informatizada” (DI FELICE, 2017, p. 240-241).

Nas criações animais isso significa, exemplarmente, que será possível restabelecer padrões “fisiológicos danificados nos quais as funções físicas passam a ser exercidas por nanomáquinas. Por exemplo, as células pancreáticas podem ser substituídas por nanofábricas capazes de reiniciar a produção endógena de insulina” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 336). Ou seja, por meio de um conjunto de instruções informativas embarcadas num agente inteligente será possível interferir no padrão de funcionamento de um órgão interno de um animal. Na cultura vegetal, outro setor promissor é o do desenvolvimento de métodos para sintetizar nanopartículas de diferentes composições, como metais não-tóxicos, para atuar como nanofertilizantes, nanossensores, ou até mesmo para serem injetados nas plantas a fim de torná-las resistentes a pragas e doenças agrícolas.

A nanotecnologia é uma área científica que trabalha com a manipulação de estruturas atômicas ou moleculares do universo nano, cuja unidade de medida minúscula, chamada nanômetro, é

um milhão de vezes menor que um milímetro. Para se ter uma noção exata desse universo, um ser humano de 1,80 metro de altura possui um bilhão e 800 milhões de nanômetros. Embora os debates em torno da nanotecnologia não sejam largamente divulgados, desde 1961 ela ganha espaço na pesquisa científica a partir da apresentação nos Estados Unidos da palestra *There's Plenty of Room at the Bottom* proferida pelo físico Richard Feynman (LEMOS, 2012). Segundo o autor, “é possível a nanoengenharia de sistemas vivos através de nanomáquinas (*nanobots*) capazes de montar qualquer substância ou elemento químico ou físico a partir de átomos elementares” (LEMOS, 2012, p. 25). Na década de 80 e 90, essa possibilidade alcançou maior visibilidade com o lançamento, respectivamente, dos livros *Motores de Criação e Nanosistemas*. Ambos foram escritos por Eric Drexler e têm foco na área da nanorrobótica — particularmente, aplicações da nanotecnologia voltadas à criação de *nanobots* capazes de se autorreplicar.

A possibilidade de criação de nanossistemas autorreplicáveis é uma das teses defendidas por Feynman e por Drexler. Da mesma forma que nanomáquinas podem construir qualquer tipo de estrutura molecular a partir da manipulação átomo por átomo, elas também poderiam construir réplicas perfeitas de si mesmas. Essa é uma consequência direta da manufatura molecular. Alguns dos mais importantes pensadores sobre o futuro da nanotecnologia são unânimes ao afirmar que o potencial da nanoconvergência é o de possibilitar a manipulação de todo tipo de matéria de forma a criar artificialmente qualquer configuração atômica ou propriedade física específica. Se existe carbono, a nanotecnologia pode transformá-lo em diamante; se existem oxigênio e hidrogênio, a nanotecnologia pode transformá-los em água, e assim por diante (LEMOS, 2012, p. 26).

Com essas características, a nanotecnologia apresenta possibilidades promissoras para o design de materiais e componentes miniaturizados. A IBM é uma das empresas que investem em pesquisa em nanoeletrônica (MASSRUHÁ et al., 2014). Com propriedades que superam as de materiais em nível micro, os nanocomponentes permitirão o surgimento de novos dispositivos e aplicações ainda desconhecidos. Vide o caso dos computadores que utilizam transistores de silício produzidos pela tecnologia CMOS (*Complementary Metal–Oxide–Semiconductor*), cuja dimensão tenta aproximar-se cada vez mais da nanoescala. Mas “devido à natureza do silício, e às leis da física”, o tamanho dos transistores cada vez mais se aproximam “de um ponto de limitação física. Novas tecnologias serão necessárias para viabilizar o próximo passo na construção de computadores. Alternativas potenciais incluem novos materiais como grafeno, nanotubos de carbono e nanofotônicos de silício” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 337). Com base nesses avanços:

Pesquisadores na Austrália descobriram uma nova maneira de montar computadores quânticos e dizem que os tornarão mais fáceis e baratos de serem produzidos em

escala. Os equipamentos prometem aproveitar a habilidade de partículas subatômicas existirem em mais de um estado ao mesmo tempo para resolver problemas muito complexos ou demorados para os computadores tradicionais. Google, IBM e outras empresas de tecnologia estão desenvolvendo computadores quânticos, usando uma variedade de abordagens.¹⁸

As pesquisas em torno das aplicações das nanotecnologias em novos materiais, como grafeno, têm como objetivo permitir o lançamento de computadores de uma nova geração. Esses equipamentos devem superar as características das máquinas em termos de tamanho, memória, consumo de energia e velocidade de processamento, e inaugurar uma nova era para computação ubíqua e para eletrônica embarcada. Assim, devem ampliar o potencial de aplicações específicas para agricultura como promete a internet das coisas (*internet of things* - IoT) e softwares embarcados em tecnologias agrárias voltados aos processos de irrigação inteligente e de AP. E tornar ainda mais abrangente o conjunto de tecnologias de suporte à decisão identificado como AgroTIC, tais como: SIG (Sistema de Informação Geográfica ou GIS, *Geographic Information System*, no original em inglês), rede de sensores para mapear os solos, monitorar enfermidades e o clima. Bastante abrangente, o termo AgroTIC pode ser descrito como:

A combinação de *hardware*, *software* e instrumentos de produção que permitam coleta, armazenamento, troca, processamento e manejo da informação e do conhecimento. De acordo com a Agência dos Estados Unidos para Cooperação Internacional (Usaid), as TIC incluem tecnologias e métodos para armazenar, manejar e processar informação (por exemplo: computadores, *softwares*, livros, PDAs, *tablets*, androides, livrarias digitais e não-digitais) e para comunicar a informação (por exemplo: correio, correio eletrônico, rádio, televisão, telefones, celulares, *paggers*, internet). A redução de seu preço, acessibilidade e adaptabilidade, além de suas novas capacidades, tornaram seu uso indispensável no setor agrícola. Produtores podem utilizar a internet, telefone e outras ferramentas e tecnologias digitais para: previsão do tempo, manejo de frota de veículos, rastreamento de produtos agrícolas, informações sobre preço de insumos, serviços, produtos, acesso a mercados, variedades, técnicas de produção, serviços de armazenamento, processamento. Serviços especializados, disponibilizados pelos setores público e privado, como o uso de satélites ou sensores remotos, armazenamento e processamento de grandes quantidades de dados em aplicativos móveis têm sido utilizados para planejar a produção, evitar perdas de safra, gerir a cadeia financeira etc. (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 191).

Comercialmente, diversas soluções como essas já estão disponíveis (CAMARGO, 2016b). Drones ou VANTS (Veículos Aéreos Não Tripulados) já são usados para captar imagens com maior precisão em comparação às imagens de satélite. O uso dessas novas tecnologias pode estar tanto associado à captação e análise de dados climáticos e ambientais para tomada de

¹⁸ VALOR. Computador Quântico. *Valor Econômico*, São Paulo, 08 set. 2017. Destaques. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/5111628/destaques>>. Acesso em: 22 set. 2017.

decisão quanto à mitigação e adaptação da agricultura às operações de carbono neutro até 2021, ou plano de agricultura baixo carbono (Plano ABC). Essa meta vem sendo acordada em tratados internacionais como o Protocolo de Kyoto, assinado em 1997 após uma série de tratativas intergovernamentais, tendo em vista a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa. Assim, além de automatizar funções agrícolas, as AgroTIC estão sendo associadas a negócios mais sustentáveis tanto no campo quanto nas cidades.

Nesse quadro, galpões fabris abandonados estão sendo adaptados para um novo modelo de cultura vegetal. No bairro do Brooklyn, em Nova York, numa área ocupada no século XIX por fábricas de corda e pátios de madeira, a Gotham Greens adaptou um desses espaços decadentes, em 2011, para pôr em operação a primeira instalação urbana em escala comercial para produção de alimentos nos Estados Unidos (PURI, 2018). Em substituição à luz do sol e ao vento, painéis de energia solar alimentam a iluminação LED e sistemas de ventilação passiva. Cortinas térmicas e a integração com a luminosidade que atravessa o telhado envidraçado colaboram para a redução da demanda elétrica para aquecimento. Os vegetais são cultivados usando sistemas automáticos de irrigação que promovem a recirculação e reutilização de toda a água. O ambiente com clima controlado, associado a soluções integradas de controle de pragas, incluindo controles biológicos como o uso de insetos benéficos para atacar pragas nocivas, evitam a aplicação de quaisquer pesticidas químicos, inseticidas ou herbicidas dentro na estufa. A Gotham Greens produz nesse espaço mais de 45 mil toneladas/ano de verduras, comercializadas em supermercados e restaurantes localizados na vizinhança da metrópole.

Já nas fazendas situadas na zona rural, as AgroTIC possibilitam a existência de redes de gerenciamento de informações que se orientam por meio de dados obtidos por GPS e de tecnologias de sensoriamento remoto. Entre outras possibilidades, isso permite aplicar insumos no local correto, no momento adequado, em quantidade suficiente à determinada produção agrícola (milho, soja, trigo). O trabalho de uma máquina plantadeira dotada de sensores eletrônicos exemplifica isso (ALIMENTO, 1999-). Ela pode ser programada para semear em uma linha pré-determinada e, depois, repetir o mesmo trajeto para aplicar o fertilizante ou o defensivo no mesmo local no qual depositou a semente. Esse procedimento evita que o produto químico seja usado em quantidades inadequadas para planta ou meio ambiente.

Uma plantadeira dotada com essa tecnologia integra-se ao agrossistema e registra uma série de informações sobre os recursos naturais de uma propriedade. Possibilita, assim, apurar um conjunto de dados úteis para abastecer as tecnologias associadas ao *big data* (mineração,

cruzamento de dados, computação na nuvem), programar soluções BI, além de prover informações que geram conhecimento e patentes às instituições de pesquisa. Um problema atribuído a esse modelo de negócio é que geralmente não está baseado em tratamento de dados individuais. Ou seja: aos dados registrados não é atribuída a identificação exata que indica de qual talhão de terra eles foram extraídos para, regularmente, fazer a remuneração pelo uso de conhecimentos individuais gerados das informações obtidas de uma determinada propriedade. A aprovação da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei 13.709/2018) – marco legal que regulamenta o uso, a proteção e a transferência de dados pessoais no Brasil – ainda é considerada irrelevante para o desenvolvimento das AgroTIC (BRASIL, 2017), como visto mais à frente neste capítulo. No entanto, esse tema já motiva questionamentos por parte dos agricultores norte-americanos, conforme será discutido no Capítulo 4.

3.7 – Internet das coisas - IoT

Com a multiplicação das fontes de dados captados por meio de drones, sensores e outros objetos conectados que já são empregados no campo e nas fazendas, novas tecnologias estão sendo criadas para ajudar a compreender e atender às necessidades das diversas culturas vegetais. Conforme visto nos tópicos anteriores deste capítulo, isso ocorre por meio do lançamento conjugado de produtos da AP, das AgroTIC e de soluções BI. Essa integração possibilita realizar “análise de correlação entre a informação estatística da cultura e informações sobre o ambiente agrícola, utilizando sensores”, para mais bem “analisar as condições atuais de clima, solo e planta e prever colheita futura” (MASSRUHÁ et al., 2014, p. 338-339).

Tal panorama anuncia a “internet das coisas”, que se define como a extensão da internet no mundo físico, tornando possível a interação com objetos e a comunicação autônoma entre objetos. É isso mesmo, os objetos já estão começando a conversar entre si. Isso se tornou possível porque a tecnologia faz uso das etiquetas de RFID e de redes de sensores sem fios e seu desenvolvimento irá implicar também a incorporação de nanotecnologia. As RFID são fundamentais porque não há como ligar aparelhos e objetos cotidianos a grandes bases de dados e às redes sem um potente sistema de identificação para reunir e registrar os dados sobre cada uma das coisas. E para detectar mudanças na qualidade física das coisas, as tecnologias de sensores entram em ação, recurso importante para registrar mudanças no meio ambiente (SANTAELLA, 2013b, p. 31).

Dessa maneira, diversas práticas outrora ligadas à relação humana, intuitiva e empírica adotada no manejo do ecossistema (como o combate às pragas) passam a ser minuciosamente descritas e organizadas por algoritmos embarcados em equipamentos associados à IoT. Essa tecnologia integra um conjunto de instruções ou receitas ligadas ao funcionamento de sensores e máquinas miniaturizadas. Incorporada a diversas ferramentas empregadas no agrossistema, a IoT ajuda a

organizar o gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal dos solos, visando o aumento da produtividade e o retorno econômico. Trata-se de um segmento bastante promissor, porém, em contrapartida, para se desenvolver necessita que haja disponibilidade de um ecossistema econômico (capital de risco, empresas inovadoras) e tecnológico (conectividade, sistemas de baixo consumo de energia, treinamento).

Essas características tornaram a agricultura um laboratório dos mais férteis para inovação e adoção em larga escala da IoT. Durante o *Summit Agronegócio Brasil 2016 (ALIMENTO, 1999-)*, organizado pela Federação da Agricultura do Estado de São Paulo (Faesp) e pelo jornal O Estado de S.Paulo, a consultoria McKinsey apresentou a estimativa de que o uso conjunto de tecnologias analógicas e digitais integradas à IoT no agronegócio mundial pode elevar a produtividade em 10% e gerar ganhos adicionais de US\$ 60 bilhões a 90 bilhões até 2025. No Brasil, entre 2010 e 2017, quadruplicou o número de *start-ups* do agrossistema ou *agtechs* (empresas inovadoras de pequeno porte que desenvolvem tecnologias como as associadas à BI e à IoT) e já somam 84 negócios nesse segmento (SARAIVA, 2018). No mundo, esse movimento ganhou visibilidade a partir de 2014, quando investidores aportaram, no terceiro trimestre daquele ano, um valor recorde nas *agtechs*: US\$ 269 milhões em 41 negócios do setor. No Brasil, estima-se que esse mercado movimentará R\$ 15 bilhões por ano, número que motivou a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) no âmbito do Programa Fapesp de Pesquisa em *eScience e Data Science* a abrir em 2018 um terceiro edital¹⁹, com recursos alocados de R\$ 8 milhões para financiar projetos de *agtechs* que desenvolvam pesquisa conjunta, interdisciplinar, em Computação e Ciências Agrárias.

As boas perspectivas para o agrossistema digital são fortalecidas por relatos divulgados pela VentureBeat (VB), veículo de comunicação com foco em notícias, eventos, pesquisas inovadoras e perspectivas sobre inovação tecnológica (MOHAMMED, 2014). O autor também assinala 2014 como o ponto de ascensão da IoT no agrossistema. E, desde então, “a agricultura está fazendo mais com a IoT do que a maioria das outras indústrias” e, “em breve, todas as empresas serão um negócio da IoT, independentemente do tamanho ou da indústria. O setor agrícola é prova disso” (MOHAMMED, 2014). No campo, as tendências de maior potencial para estratégia de implantação da IoT dividem-se em três áreas: gerenciamento agrícola, sistemas de gestão e sensores. O subcapítulo “3.5 – Big data, inteligência de negócios e

¹⁹ Disponível em: <<http://www.fapesp.br/eventos/3escience>>. Acesso em: 02 maio de 2018.

computação em nuvem” já contribuiu com uma boa mostra do potencial dos dois primeiros. Por sua vez, os sensores atuam na organização de quatro pontos críticos de controle rural: produtividade, controle de pragas, otimização de recursos e geração contínua de valor no campo. Uma exemplificação empírica disso é reproduzida a seguir:

1) Produtividade: [...] Os sistemas sem fio, conectados à nuvem ajudam a maximizar o rendimento da safra, automatizando as operações diárias da agricultura [...]. Sistemas IoT de empresas como Topcon Precision Agriculture²⁰ aproveitam o GPS, monitoramento e controles eletrônicos para ajudar os agricultores a analisar e melhorar continuamente o desempenho.

2) Controle de pragas: À medida que o movimento orgânico ganha popularidade, as indústrias de alimentos e agricultura tomaram um interesse crescente em encontrar alternativas efetivas e relativamente baratas aos pesticidas. As feromônas são particularmente úteis quando são emparelhadas com o poder da IoT. As redes de sensores sem fio como a de Semios²¹ monitoram a contagem de pestes e, quando detecta que a população de pragas é muito alta, seu sistema libera feromônio medido automaticamente para ativar e perturbar os padrões de acasalamento das pragas. Isso minimiza e, em alguns casos, substitui completamente o uso de pesticidas.

3) Otimização de recursos: [...] Para uma resposta efetiva à seca, os agricultores requerem informações precisas e em tempo real para ajudar a minimizar o desperdício, evitar excessos de uso e gerenciar proativamente os custos da água [...]. Com dispositivos sem fio embutidos e sistemas de monitoramento de solo como o de Sistemas de Água Inteligente²² e Observant²³, os agricultores podem medir a umidade, detectar vazamentos e gerir energia de forma mais eficiente e usar tudo em tempo real.

4) Geração contínua de valor: [...] Os fabricantes de máquinas e tecnologias agrícolas em geral precisam buscar um novo valor incremental ao longo do ciclo de vida das soluções agrícolas [tratores etc.], semelhante ao que faz a indústria de *software* baseada em assinatura [de serviços e criação de *firmwares*, tendo em vista a fidelização do cliente e a fim] de adicionar recursos e funcionalidades continuamente após a liberação de um produto. John Deere²⁴ foi um dos primeiros fabricantes de equipamentos agrícolas a incorporar conectividade em seus produtos [mantendo, como será abordado no Capítulo 4, um controle apurado do uso e manutenção deles em] centenas de milhares de máquinas em 120 países (MOHAMMED, 2014).

A expansão desse segmento de negócio levou o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e o Ministério da Ciência a iniciar, a partir 2016, as diversas etapas previstas para o estudo técnico Internet das Coisas: Um Plano de Ação para o Brasil (BRASIL, 2017). Para conduzir a ação foi escolhido o consórcio formado pela consultoria McKinsey, Fundação CPqD e Pereira Neto-Macedo Advogados. O objetivo foi realizar um diagnóstico e propor políticas públicas para o uso da IoT no Brasil. O trabalho levou em conta três fases: diagnóstico geral e aspiracional; seleção de setores prioritários; aprofundamento e elaboração de plano de ação (2017-2022). O agrossistema faz parte dos setores estratégicos para investimentos citados no estudo, juntamente com os setores de saúde, indústria e cidades inteligentes. Especificamente

²⁰ Disponível em: <<http://ag.topconpositioning.com/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

²¹ Disponível em: <<http://semios.com>>. Acesso em: 22 set. 2017.

²² Disponível em: <<http://www.smartwateringsystems.ca/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

²³ Disponível em: <<http://observant.net>>. Acesso em: 22 set. 2017.

²⁴ Disponível em: <<https://www.deere.com/en/agriculture/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

para área rural, o estudo indicou como aspiração o objetivo de aumentar a produtividade e a relevância do Brasil no comércio mundial de produtos agropecuários, com elevada qualidade e sustentabilidade socioambiental, a fim de posicioná-lo como o maior exportador de soluções de IoT para agropecuária tropical.

Mesmo com um alto potencial de inserção dentro da cadeia produtiva global de IoT, porém o estudo indica que a disponibilidade de capital privado para inovação IoT voltada ao agrossistema ainda alcança menos de 1/3 de sua capacidade (BRASIL, 2017). Além disso, o número de empresas – cujo crescimento foi recorde entre 2010 e 2017, conforme relatado em relação às *agtechs* – ainda pode subir cerca de 40% a mais ao levar em conta o potencial de crescimento econômico do setor. Comparativamente, na área de saúde, a disponibilidade de capital privado para inovação IoT já alcançou 100%, mesmo tendo um potencial 30% menor de inserção na cadeia produtiva global do setor. Na área de cidades inteligentes se encontra o maior número de *start-ups* atuando no setor de tecnologia IoT, segundo o estudo (BRASIL, 2017). Para todos esses setores, os objetivos específicos são: estimular a experimentação, cooperação e disseminação de modelos de negócios bem-sucedidos; aperfeiçoar e divulgar instrumentos de financiamento e fomento para instituições de pesquisa científica e tecnológica (ICTs) e empresas inovadoras; construir ambiente para monitoramento contínuo e participativo do Plano de IoT; e internacionalizar soluções locais em consonância com padrões globais e interoperáveis.

O estudo técnico aponta também a disponibilidade de infraestrutura de conectividade das redes móveis no ambiente rural como um forte obstáculo para implantação da IoT no campo (BRASIL, 2017). Grande parte dos casos de uso dessa tecnologia requer conectividade de área ampla – padrão LoRa, uma tecnologia de radiofrequência já presente em muitos países da Europa, que permite comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia –, porém não disponível pelo serviço móvel pessoal ofertado pelas operadoras de telefonia de maior participação no mercado brasileiro (Vivo, TIM, Claro). Igualmente, a disponibilidade de conectividade fixa também é baixa em relação à penetração do serviço de comunicação multimídia na zona rural.

Como grande parte dos casos de uso das tecnologias IoT ainda requer dispositivos de pequena capacidade, com restrições de consumo de energia (BRASIL, 2017), o estudo alerta que é baixa a disponibilidade de oferta desse tipo de tecnologia — por exemplo, LPWA (baixa potência e

grande cobertura); padrão Sigfox, no qual toda a complexidade da rede e da computação é gerenciada em nuvem e não nos dispositivos o que reduz o consumo de energia e os custos dos dispositivos conectados. Comparativamente, nas fábricas, outro setor estratégico para expansão da IoT no Brasil, não há dificuldade em contratar conectividade móvel, fixa, LoRa e, também, infraestrutura privada que permita atender casos de missão crítica por meio da contratação de provedores desse tipo de serviço em nuvem (IaaS, por exemplo). De forma geral, a infraestrutura de conectividade e interoperabilidade será essencial para que IoT se dissemine no país (BRASIL, 2017). Nesse sentido, entre outros investimentos, será necessário ampliar a oferta de redes de comunicação em conformidade com as demandas por serviços de IoT e promover a interoperabilidade e padronização de redes, dispositivos e soluções de IoT.

3.8 – Poder computacional

Os avanços proporcionados pelas Agrotic e AP, em geral, e pela IoT, em particular, assumem um papel estratégico que ultrapassa o agrossistema, objeto deste capítulo. Conforme antecipou em 2005 o Comitê Consultivo de Tecnologia da Informação do Presidente dos Estados Unidos da América (PITAC), por meio da divulgação do relatório *Computational Science: Ensuring America's Competitiveness*, o uso de capacidades avançadas de computação para entender e resolver problemas complexos se tornou fundamental para liderança científica, competitividade econômica e segurança nacional (MASSRUHÁ et al., 2014). As novas tecnologias da inteligência e design digital oferecem, portanto, uma janela única por meio da qual os governos, os centros de pesquisa e as empresas podem investigar problemas que, de outra forma, seriam impraticáveis ou impossíveis de se abordar.

O posicionamento dos Estados Unidos se enquadra numa acepção de poder que remonta a definição proposta no século XVII pelo matemático e filósofo inglês Thomaz Hobbes. Está associada a um certo aspecto relacional que identifica o “poder social com a posse de instrumentos aptos a consecução de fins almejados”, tal como se lê “no princípio do capítulo décimo do Leviatã”, que diz o “seguinte: O poder de um homem... consiste nos meios de alcançar alguma aparente vantagem futura” (BOBBIO, MATTEUCCI e PASQUINO, 1992, p. 934). Considera ainda uma certa relação triádica do poder social. Para alcançar um certo poder, portanto, “não basta especificar a pessoa ou o grupo que o detém ou a pessoa ou o grupo que a ele está sujeito: ocorre determinar também a esfera de atividade [ou meio] à qual o poder se refere” (BOBBIO, MATTEUCCI e PASQUINO, 1992, p. 934).

É importante ter em mente essa concepção de poder, implícita também na manifestação dos Estados Unidos. Ela ganha ainda maior relevância quando analisada comparativamente à evolução mundial da internet. A internet começou a ser desenvolvida no terço final do século XX, ainda no período da Guerra Fria, como resposta dos Estados Unidos ao avanço tecnológico da União Soviética. A partir daí o que foi criado pela *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) para proteger e manter *on-line* os sistemas de informação e de comunicação norte-americanos, numa eventual guerra, passou a influenciar a cultura global. Esse fato histórico “tem nos provado que muitas limitações ou lados negativos são transitórios e ultrapassados pelo desenvolvimento tecnológico” (SANTAELLA, 2013b, p. 30). “Basta comparar as enormes e intimidantes caixas fechadas dos computadores, em salas lúgubres, há algumas décadas, e os nossos leves, multifuncionais e mimados iPhones de hoje. Com isso é tempo e hora de nos debruçarmos sobre a internet das coisas” (SANTAELLA, 2013b, p. 30). No entanto, em relação ao poder, não se deve perder de vista a necessidade que ele tem de:

Controlar a complexa organização, produção, distribuição, consumo e comunicação da economia contemporânea. A revolução digital [da qual faz parte a IoT] é capaz de suportar a flexibilidade, eficiência e produtividade das organizações, melhorar todos os tipos de processos logísticos, substituir o transporte de bens e pessoas pela troca de informações e alcançar um público segmentado de consumidores. Essa nova estrutura ajuda a criar uma economia de fluxo que vincula extensões de escala e reduções de escala na produção, circulação e consumo. A produção é descentralizada, ao passo que o capital e o controle são centralizados. Cada vez mais, os fluxos econômicos são processos imateriais com troca de informações e conhecimento (VAN DIJK, 2009, p. 93-94).

Países como a França têm se preocupado em aproveitar essas oportunidades. Especificamente no agrossistema, para incentivar a distribuição de tecnologias digitais para a agricultura, ao mesmo tempo que reforça os laços entre treinamento, pesquisa e negócios, o *Institut National de Recherche en Ciencias et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture* (IRSTEA) criou a AgroTIC Industry Chair²⁵. A iniciativa, lançada em 2016, reúne 23 empresas (Agriscope, AgroSud, AgroTis, Airbus Defense and Space, Arterris, Asape, BASF, Ekylire, Exotic Systems, Fuition Sciences, ICV, Isagri, ITK, la France Agricole, Maïs Adour Groupe Coopératif, Mes parcelles, Naïo Technologies, Pera Pellenc, SMAG, SIKA, Terranis, les Vignerons de Tutiac, Vitirover), três parceiros técnicos (GS1 France, Cea Tech, Acta), duas instituições de ensino e pesquisa (Montpellier SupAgro, Bordeaux Sciences Agro) e uma fundação (Montpellier SupAgro Fondation). Pedra angular da AgroTIC Industry Chair, a IoT lidera uma série de inovações previstas para até 2025 em resposta a questões como: Que papel

²⁵ Disponível em: <<http://bit.ly/2wM4qlu>>. Acesso em: 06 set. 2018.

a França terá na agricultura digital no futuro? O que os agricultores esperam em termos de valor agregado e quão confiável é isso? Como se pode aproveitar essas novas oportunidades da IoT e integrá-las às operações agrícolas?

No Brasil, o Governo Federal criou em 2012 a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão²⁶ (CBAP). A iniciativa tem o apoio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Integram a CBAP as seguintes entidades: Associação Brasileira de Engenheiros Agrícolas, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, Associação Brasileira das Entidades Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural, Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, Fórum de Pró-Reitores de Pós-Graduação, Organização das Cooperativas Brasileiras, Associação Brasileira de Sementes e Mudanças, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica.

A CBAP é um órgão consultivo e propositivo, cujo objetivo oficial é fortalecer ações de pesquisa, ensino e desenvolvimento de tecnologias voltadas à AP e que deem ênfase à difusão e ao incentivo das novas aplicações tecnológicas. A Associação Brasileira da Indústria de Elétrica e Eletrônica (Abinee), que reúne fabricantes de produtos e soluções inteligentes, é um dos participantes da CBAP. Os interesses da Abinee estão entre os apurados no já citado estudo técnico Internet das Coisas: Um Plano de Ação para o Brasil financiado pelo BNDES e que servirá de base para o lançamento do Plano Nacional de Internet das Coisas, a ser instituído mediante publicação de um Decreto da Presidência da República (BRASIL, 2017). As intenções de cada segmento interessado na IoT foram colhidas pelo consórcio que realizou o estudo por meio de diversas instâncias. Entre elas, a Câmara IoT, formada por mais de 40 instituições como a Abinee e outras associações de empresas, órgãos de governo, universidades, institutos de ciência e tecnologia. O engajamento em torno da IoT pode gerar, em nível mundial, receitas entre US\$ 4 trilhões e US\$ 11 trilhões até 2025 (entre 4% e 11% do PIB global), e alcançar, até 2020, 34 bilhões de dispositivos conectados à internet segundo a líder do consórcio, consultoria McKinsey. Para o Brasil é estimado um impacto econômico anual entre US\$ 50 bilhões e US\$ 200 bilhões com a IoT em 2025 (BRASIL, 2017).

²⁶ Disponível em: <<http://bit.ly/2wMRQSU>>. Acesso em: 06 set. 2018.

Tendo em vista alcançar alguma vantagem futura na IoT, os diversos setores envolvidos no estudo técnico Internet das Coisas puderam opinar, entre outros tópicos, sobre a estrutura de governança, o ambiente regulatório, a segurança, a privacidade pessoal e a capacidade de investimento, financiamento, fomento, demanda e ofertas inovadoras previstas para essa tecnologia. Especificamente sobre esses quesitos, não exatamente nessa ordem, os representantes do agrossistema apontaram os seguintes posicionamentos, conforme um resumo apurado por meio dos dados públicos disponíveis no estudo Brasil (2017):

- Capacidade de o governo incentivar a demanda IoT: em relação a compra e adoção dessas tecnologias, o governo pode influenciar indiretamente, por meio da atuação das instituições públicas que são relevantes no ambiente (Embrapa, Epamig - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais). Mas pode estimular diretamente também a adoção da IoT nos agrossistemas por meio da regulação/certificação, rastreabilidade e financiamento público das tecnologias envolvidas.

- Capacidade de o governo incentivar a oferta de inovações: o nível de compras públicas relacionadas à IoT no campo é considerado médio. Ocorre na organização de estoques reguladores de safra, como aquisição de álcool, por exemplo. Pontualmente, o governo realiza compras públicas por meio de licitações com margem de preferência por fornecedores locais. Igualmente, de forma pontual, a Embrapa realiza algumas encomendas tecnológicas para iniciativas específicas de pesquisa.

- Estrutura de governança: o nível de cooperação entre os *players* do setor pode ser considerado médio. A governança é marcada pela presença de câmaras setoriais organizadas por cultura vegetal, cooperativas e associações industriais (União da Indústria de Cana-de-Açúcar/Unica, Associação Brasileira da Indústria de Café/ABIC, Abinee). O nível de cooperação entre as universidades e as empresas do setor é considerado alto. O Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNP), programa organizado pela Embrapa, tem importante papel de coordenação. Além disso, embora em um grau menor, há algumas parcerias entre empresas e centros acadêmicos (universidades). Em relação ao crédito rural, preferencialmente é direcionado aos pequenos produtores. Ou seja: há oportunidades de grandes empresas serem mais consideradas na formulação de políticas públicas. Há ainda um histórico de agenda de

desenvolvimento articulado com o setor privado apoiado ou liderado pelo Governo Federal, instituições como Embrapa e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), bem como programas específicos, a exemplo do Proálcool e iniciativas direcionadas a regiões geográficas de interesse, como Matopiba (acrônimo formado com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

- Ferramentas para investimento, financiamento, fomento: é alto o nível dos incentivos fiscais relacionados ao agrossistema por meio do Plano Safra, que destina recursos expressivos para o setor. Existem fontes financeiras não reembolsáveis e há programas de incentivo mantidos pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), tais como o Inova Agro (destinado à coordenação das ações de fomento à inovação), o CT-Agro, cujo foco é a capacitação científica e tecnológica nas áreas de agronomia, veterinária, biotecnologia, economia e sociologia agrícola, os editais já citados do Programa Fapesp de Pesquisa em *eScience e Data Science* entre outras ações; atualização tecnológica da indústria agropecuária; estímulo à ampliação de investimentos na área de biotecnologia agrícola tropical e difusão de novas tecnologias. Por outro lado, a disponibilidade de capital de risco voltado ao fomento da inovação é considerada média para baixa.

- Ambiente regulatório: falta clareza quanto às regras voltadas à aplicação de recursos para expansão do acesso a redes de telecomunicações, embora do ponto de vista da regulação específica não tenha sido identificado pelo estudo técnico restrições regulatórias à inovação. A proteção ao consumidor (agricultor) não é considerada um ponto chave (veja mais informações sobre isso no próximo tópico e no Capítulo 4), porém é alto o nível de dificuldade de se implementar mudanças regulatórias necessárias, ou seja, eventuais necessidades de mudanças legislativas e elaboração de projetos específicos para utilização de recursos públicos para expansão do acesso a redes de telecomunicações.

- Privacidade de dados: os modelos de negócios da IoT para o agrossistema geralmente não estão baseados em tratamento de dados pessoais (individuais), tendo em vista que a utilização de sistemas IoT no campo não está relacionada a dados de pessoas físicas não-empresariais. Mas não há unanimidade quanto a esse posicionamento expresso no estudo Brasil (2017), na opinião dos especialistas em informática agrícola (SBIAGRO, 2017). Segundo eles, é equivocada a visão de que os sistemas IoT no campo não estão

relacionados a uso dos dados de pessoas físicas, pois desconsidera que na agricultura familiar os negócios são na maior parte registrados no Cadastro de Pessoa Física (CPF) do proprietário – de fato, nove em cada dez das 570 milhões de propriedades agrícolas no mundo (chácaras, sítios e fazendas localizados na zona rural) são geridas por famílias, conforme discutido no Capítulo 2 (FAO, 2014). Mesmo assim, segundo o estudo técnico (BRASIL, 2017), as aplicações de IoT no ambiente rural estão vinculadas à melhoria de processos produtivos e de eficiência empresarial no ambiente, lidando apenas com dados não-pessoais (dados dos sensores de maquinário, dados sobre a operação empresarial, segredos industriais, dentre outros, já sujeitos a regras de privacidade específicos). Por isso, os participantes do estudo técnico conduzido pelo BNDES consideraram baixo o nível de risco de haver violações à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei 13.709/2018) quanto à privacidade dos dados pessoais dos indivíduos envolvido nas aplicações de IoT no agrossistema.

- Segurança: alguns casos de uso da IoT, como em colheitadeiras autônomas, podem resultar em risco para a segurança física de pessoas caso a tecnologia embarcada seja invadida e dominada por terceiros mal-intencionados (saiba mais sobre isso no Capítulo 4). Contudo, dificilmente a invasão de um sistema IoT causará risco para a infraestrutura como um todo, sendo considerado médio o potencial impacto na segurança física (infraestruturas e pessoas) nos casos de falhas de segurança. Igualmente, sistemas de irrigação automáticos, uma vez invadidos, podem prejudicar a produção, mas é possível que os efeitos possam ser identificados antes que toda a produção seja afetada. Os participantes do agrossistema também relataram no estudo técnico Internet das Coisas (BRASIL, 2017) que não existem requisitos mínimos definidos para segurança do setor. Ou seja: as soluções empregadas são proprietárias e não existe um órgão reconhecido que defina padrões a serem seguidos. Da mesma forma, não se vislumbra nenhuma iniciativa notória para padronização de IoT, sujeita à limitação na cobertura de rede (que impacta a eficácia dos mecanismos de controle de segurança), embora os dispositivos, em geral, possuam capacidade para adotar criptografia embarcada e troca de chaves (senhas) de segurança. De outro lado, são baixas as restrições na implementação dos requisitos mínimos de segurança necessários ao agrossistema. Tocante a isso, observa-se ainda que os equipamentos são de alto valor e sujeitos a furtos; mas, em alguns casos (sensores de umidade no solo e armadilhas para identificação de pragas), o consumo energético pode ser um desafio para implantar mecanismos preventivos de segurança. Uma opção que tem

se mostrado viável é o uso de painéis solares para manter esses dispositivos operantes e em segurança.

Os tópicos que acabam de ser resumidos do estudo técnico Internet das Coisas (BRASIL, 2017) interessam a quase totalidade dos produtores rurais. Afinal, cerca de 96% desse público potencial de usuários da IoT já têm acesso a telefonia móvel, embora ainda façam uso restrito da internet para fins de negócio, de acordo com a pesquisa Tecnologia da Informação no Agronegócio²⁷ divulgada pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) no segundo semestre de 2017 (ALIMENTO, 1999-). O levantamento ouviu, entre 29 de março e 12 de abril, 4.467 produtores rurais nos 27 estados brasileiros. Os dados revelam que os agricultores usam a internet, quando possível, para realizar transações comerciais. Outras transações ficam em segundo plano em grande parte devido à dificuldade de acesso ou má qualidade da conexão.

Segundo a pesquisa do Sebrae (ALIMENTO, 1999-), 58% dos empresários rurais que informaram não utilizar a conexão de internet móvel dizem que não o fazem, predominantemente, porque não há provedor/sinal em sua região. A dificuldade de acesso também foi a justificativa apresentada pela maioria dos produtores (64%) que não usam tecnologias digitais para a gestão do negócio. Isso reforça a necessidade de se implantar infraestrutura específica para conectividade de área ampla. Uma alternativa é investir em tecnologias que permitam a comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia, tal qual oferecidas pelo padrão LoRa, já citado, que não está disponível no serviço móvel pessoal ofertado pelas operadoras de telefonia no Brasil.

Quanto ao tema da gestão de negócio via TI, apesar de 70% dos agricultores já praticarem o gerenciamento administrativo e financeiro dos seus negócios rurais, apenas 25% dos produtores rurais fazem isso por meio de ferramentas digitais de gestão. Entretanto, a maior parte deles (64% dos entrevistados) informou que utilizaria esses recursos para gerenciar suas empresas se essas tecnologias estivessem disponíveis. Essas informações reforçam a necessidade de serem ampliados os investimentos no meio rural de modo a aumentar o acesso dos produtores às AgroTIC e AP, em geral, e à IoT, em particular. Afinal, segundo os autores da pesquisa Tecnologia da Informação no Agronegócio, “o acesso aos instrumentos digitais é algo

²⁷ Disponível em: <<http://bit.ly/2t11ZIU>>. Acesso em: 03 maio 2018.

fundamental para a conquista de novos públicos consumidores e para elevar o nível de competitividade do negócio” (ALIMENTO, 1999-).

3.9 – Futuro das tecnologias agrícolas

Os quesitos que acabam de ser descritos no subcapítulo anterior (segurança, privacidade pessoal, capacidade de investimento, acesso à internet) tornam claro como o avanço do agrossistema digital tem potencial para provocar impactos drásticos na maneira como as pessoas e as empresas se envolvem em atividades agroindustriais, comerciais e trocam informações entre si. Na área rural, porém ainda faltam dados consolidados e precisos sobre esse comportamento, que a pesquisa Tecnologia da Informação no Agronegócio divulgada pelo Sebrae não revelam — e, a bem dos fatos, nem era o seu propósito específico, que foi o de mostrar como os proprietários de empresas de pequeno porte no campo usam *smartphones* para acessar a *web*. A edição consolidada mais recente do Censo Agropecuário traz informações colhidas há mais 10 anos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A agricultura carece de informações sobre o funcionamento do setor e o comportamento dos agricultores. Há previsão para que o 11º Censo Agro do Brasil seja divulgado até o fim de 2018, mas deve-se salientar que a pesquisa trará dados mais enxutos comparativamente às edições anteriores devido ao corte de verbas promovido pelo Governo Federal (ALIMENTO, 1999-).

O que se pode adiantar é que, em nível mundial, do ponto de vista comportamental, há resistência quanto à adoção das AgroTIC (CAMARGO, 2016b; KOEBLER, 2017). Para os agricultores ciosos do relacionamento milenar com a terra há muito valor nas informações a serem coletadas pelas AgroTIC; e não está claro quem deterá o monopólio delas após o processamento pelas novas tecnologias: se eles ou as empresas que desenvolvem tecnologias para o agronegócio (BUNGE, 2014; CAMARGO, 2017b). Outros embaraços estão relacionados à transferência dessas tecnologias para o campo. “Alguns produtores adquiriram equipamentos, não passando por nenhum tipo de capacitação a fim de poder extrair o máximo potencial dessas máquinas” (BERNARDI et. al, 2014, p. 548).

Há um esforço para criar máquinas e equipamentos com eletrônica embarcada. Mas não se pode ignorar ou descartar iniciativas necessárias para integrá-las ao agrossistema, uma vez que existem problemas relacionados à promoção e absorção das novas tecnologias. Dentre os fatores que impactam negativamente o crescimento do agrossistema digital merece destaque a falta de infraestrutura de TI nas regiões rurais, escassez de crédito e investimento, bem como

ausência de treinamento ou ignorância das habilidades necessárias para usar as AgriTIC, AP (ALIMENTO, 1999-). Acrescenta-se a isso ainda o baixo nível de escolaridade dos pequenos agricultores, especialmente daqueles que atuam na agricultura familiar (MASSRUHÁ et al., 2014). Esses dados têm reflexo no baixo nível de adoção das novas tecnologias da inteligência e design digital no meio rural brasileiro: segundo a CBAP, só 15% das propriedades agrícolas utilizam equipamentos com tecnologias digitais embarcadas (SBIAGRO, 2017).

Mas mesmo com a inserção lenta das tecnologias inteligentes no agronegócio, comparativamente a outros segmentos da economia, a tendência é no sentido de desenvolvimento e adoção dessas soluções que visam aumentar a eficiência das atividades e processos rurais. “Por exemplo, a produção global de culturas aumentou 77% entre 1961-2007 e as emissões totais de gases de efeito estufa da produção primária foram reduzidas em 23,8% no período 1990-2012” (SUNDMAE et al., 2016, p. 131). Segundo esses autores, os ganhos foram alcançados, basicamente, com a mecanização do agrossistema, lançamento de novas variedades e técnicas de cultivo mais favoráveis ao meio ambiente. A implantação da IoT no agrossistema digital seria, assim, uma possibilidade para superar os desafios ligados às mudanças climáticas, bem-estar animal e redução de desperdícios. “Espera-se que a IoT seja uma tecnologia poderosa para transformar a agricultura por meio do uso de redes inteligentes de objetos conectados, sensíveis ao contexto econômico” (SUNDMAE et al., 2016, p. 131).

A IoT está superando os mundos físico, digital, cibernético e virtual e, para isso, requer recursos de processamento de informações que alcancem as “sombras digitais” da realidade. As aplicações IoT estão gradualmente passando de soluções estreitas, de propósito único, a aplicações multi-propósito e colaborativas, interagindo em setores verticais, organizações e pessoas da indústria, o que representa um dos paradigmas essenciais da economia digital. Muitas dessas aplicações ainda precisam ser identificadas, ao passo que o envolvimento dos usuários finais nessa inovação é crucial (VERMESAN e FRIESS, 2016, p. XV).

Como discutido até aqui, o foco de atuação das tecnologias da inteligência e design digital no campo gira em torno do desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de lavouras e criatórios que informem “a exata fertilidade, a exata taxa de lotação, a exata adubação, a exata produtividade e qualidade de cada setor diferenciável” (BERNARDI et. al, 2014, p. 4). Nesse contexto, que integra soluções da AP, das AgriTIC e da IoT, estão sendo desenvolvidos novos processos de pré-produção, produção e pós-produção de alimentos, como “modelos de Inteligência Artificial, *software* para análise de dados” e modelagem que “permitem aos cientistas construir e simular modelos de fenômenos complexos na agricultura” (MASSRUHÁ et. al, 2014, p. 37). No Brasil, a Embrapa é o principal instituto de pesquisa público neste campo

e tem se esforçado tanto no sentido de desenvolver novas tecnologias quanto superar os paradigmas listados acima que dificultam a divulgação delas no setor rural.

Um dos caminhos seguidos pela Embrapa é transferir conhecimento tecnológico inovador de modo ubíquo, ou seja, o usuário pode acessar na internet um amplo volume de informações e utilizar formas de filtragem para pesquisar as tecnologias e conhecimentos mais relevantes para cada situação (MASSRUHÁ et. al, 2014). Mas a transmissão e a troca de conhecimento e/ou tecnologias entre os desenvolvedores das AgroTIC e o agronegócio exige ainda estratégias tradicionais, como o boca-a-boca (*buzz*) para transferência tecnológica, a fim de permitir a introdução adequada e eficaz das novas tecnologias (ALIMENTO, 1999-). Isso vai além da manutenção de canais, ações e modos de transferência específicos de licenciamento, acordos de cooperação, *joint ventures* e até dias de campo (atividades que visam facilitar a troca de informação oral sobre o posicionamento ideal das cultivares e sobre como os produtores avaliam o desempenho das novas tecnologias agrícolas).

A promoção do sistema Agritempo 2.0, por exemplo, inclui atividades de capacitação de multiplicadores, com realização de programas de treinamento sobre a tecnologia, que é extremamente eficaz para o público rural (MASSRUHÁ et. al, 2014). O Agritempo 2.0 é uma tecnologia gratuita criada pela Embrapa que ajuda o monitoramento agrometeorológico da produção agrícola. Dentre vários públicos de interesse a serem alcançados por essas iniciativas destacam-se os agentes de extensão rural, cooperativas e associações de produtores. Agricultores e empresas privadas que atuam no agronegócio, fornecedores de insumos, sementes e os processadores de alimentos também fazem parte do público de interesse. Segundo a Embrapa, há um esforço para que esses contatos não se restrinjam a tratar da parte técnica. Isso leva em conta que “os participantes dessas ações de transferência são bastante receptivos às informações sobre sustentabilidade agrícola e ganhos em termos de qualidade e rastreabilidade proporcionados pelas novas tecnologias — especialmente os que atuam no setor da agroecologia” (ALIMENTO, 1999-).

O treinamento e o acesso às AgroTIC, à AP e à IoT é um componente indispensável para a evolução do agrossistema digital. É fator que acelera a inovação também por organizar e facilitar a transferência do conhecimento entre os atores que atuam no setor. Junto à IoT, de forma particular, as AgroTIC e a AP podem fazer a diferença ao perseguir como indicadores de desempenho de suas soluções a equitatividade e a sustentabilidade (conceitos apresentados no

Capítulo 2). Sintonizados à definição de desenvolvimento do relatório Brundtland (WCED, 1987) e aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU-BR, 2015), esses indicadores promovem um nivelamento na tríade economia, sociedade e ambiente e levam em conta as expectativas de seus públicos de interesse atuais e futuros, passando a englobar em suas diretrizes uma maior consciência sobre questões culturais, financeiras e ecossistêmicas.

CAPÍTULO 4

COGNIÇÃO DISTRIBUÍDA

Este capítulo discute como no agrossistema digital a sustentabilidade deveria se aproximar da equitatividade em vez de ser um preposto da produtividade no campo. Esse quadro é apresentado no sentido de a expansão tecnológica rural evitar situações catastróficas como a *Dust Bowl*, ocorrida na primeira metade do século XX nos Estados Unidos. Para atingir esse objetivo, apresenta-se a conveniência de se adotar modos de cognição mais distribuída no campo, tais como plantio consorciado, jardim doméstico, rotação de culturas, produção orgânica, agricultura urbana, integração lavoura-pecuária-floresta. Essas iniciativas são voltadas à organização e gerenciamento do agrossistema por meio de coletivos inteligentes, os quais podem operar em consonância com os novos modelos de negócios e plataformas digitais vistos no Capítulo 3. Por meio de exemplificações empíricas, observa-se ainda como os agricultores continuam a valorizar no século XXI a confiança, a transparência e a livre troca de conhecimentos tecnológicos entre si — acontecimento já indicado por Ryan e Gross (1950), numa pesquisa seminal da área de sociologia rural. Nesse sentido, enfatiza-se que tecnologias emergentes, por exemplo, DLT (*Distributed Ledger Technology*) – mais conhecida como *blockchain* – poderiam incluir nos seus algoritmos um viés de confirmação que contemplasse também os interesses da condição humana e dos ecossistemas — antes de darem forma racional à fertilidade e a produtividade das culturas vegetais e às criações animais.

4.1 – Competitividade e expulsão ecossistêmica

As capacidades mentais – tais como o pensamento, o planejamento, a formação de hábitos – foram desenvolvidas durante dezenas de milhares de anos por meio da ampliação de diversos modos de trocas cognitivas: causação final, *feedback* positivo/negativo, comunicação, memória, viés de confirmação, conhecimento; todos eles discutidos no Capítulo 1. Associado a isso, o surgimento da linguagem garantiu plasticidade comportamental à condição humana, que possibilita estabelecer com o ecossistema uma série relações competitivas e cooperativas assinaladas pela cultura. Nesse sentido a linguagem, em sintonia com as capacidades mentais e apoiada num instinto abduativo, age sobre o ecossistema como um mecanismo de aquisição e processamento de informações, aprendizagem e criação de novas tecnologias/linguagens, como o agrossistema, fato que levou à súbita evolução humana há cerca de 60 mil anos.

Mas cabe ressaltar que a tendência a generalizar, adquirir hábitos, evoluir, mesmo de forma rudimentar, é encontrada em diversos outros elementos e arranjos ecossistêmicos, como na formação e continuidade dos corais, conforme dá conta de explicar a causação eficiente e final e os mecanismos de *feedback* detalhados também no Capítulo 1. De maneira geral, essa tendência ocorre por meio dos fluxos e trocas de informação, matéria e energia existentes entre as diversas redes físicas, químicas, orgânicas e inorgânicas operantes na Terra. Supõe, portanto, um tipo de condição “reticular” e “habitativa” pela qual não haveria externalidade na biosfera ou na condição humana, porque o humano também é parte da biosfera que o compõe e que, ao mesmo tempo, ele compõe (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 180-182).

No século XXI, no qual se assiste à evolução da última das seis eras culturais descritas por Santaella (2003) – digital; precedida pela oralidade, escrita, impressa, de massas, das mídias –, objetos, vegetais, animais como os humanos, os diversos tipos de tecnologia (agrossistêmica, financeira, industrial) têm passado por uma fusão completa entre suas condições física e digital, conforme discutido no Capítulo 3. Diante dessa mudança, o aspecto informativo passa ser mais valorizado pela cultura e pelas novas linguagens, tais como o *machine learning* (aprendizado das máquinas). Retrospectivamente, cabe lembrar que as previsões feitas em 1955 sobre a ascensão da cultura digital e, conseqüentemente, de uma inteligência entendida como artificial (MITCHAM e HUNING, 1986), ainda estão em processo.

O ano de 2014, particularmente, foi marcante para a ascensão da cultura digital no universo político-econômico. Especialmente devido ao interesse capitalista e financeiro pela Inteligência Artificial (IA). A atenção para o tema foi despertada nos participantes do Fórum Econômico Mundial pela presença no evento de Erik Brynjolfsson (WEF, 2014), que junto com seu colega do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) Andrew McAfee lançou, naquele ano, *The Second Machine Age* (BRYNJOLFSSON e McAFEE, 2014). Ao longo de mais de 40 anos, o Fórum Econômico Mundial reúne em Davos, nos alpes suíços, inúmeros líderes empresariais, governamentais e da sociedade civil para discutir os principais problemas e desafios do capitalismo e realizar um *brainstorming* em busca de soluções para resolvê-los.

Os dois acadêmicos do MIT aplicam técnicas empíricas para revelar os benefícios intangíveis da tecnologia por meio de melhorias nos processos de negócios (BRYNJOLFSSON e McAFEE, 2014). Especificamente na apresentação em Davos (WEF, 2014), Brynjolfsson compartilhou a visão dele sobre inovações que ampliam a produtividade e criam riqueza,

mesmo quando destroem fundamentos da economia como a geração de empregos. Ecoando as ideias defendidas em seu livro escrito com McAfee (BRYNJOLFSSON e McAFEE, 2014), o autor comparou que o mesmo empuxo dado à história do capitalismo pela Revolução Industrial (com direito até a abusos do trabalho infantil) hoje é obtido pela potencialidade de uma verdadeira inteligência das máquinas e a conexão dela a todos os seres humanos via uma rede digital comum, transformando a economia planetária.

Os efeitos dessa destruição econômica e criativa, expostos aos participantes do Fórum Econômico Mundial, operariam de forma a fomentar um novo ciclo econômico e de desenvolvimento conforme previsto por Schumpeter — aqui a referência é feita as ideias lançadas por Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), importante economista da primeira metade do século passado (CAMARGO, 2016a). Para este economista, a razão pela qual uma dada economia sai de um estado de equilíbrio e entra num novo processo de crescimento produtivo é devido à emergência de uma inovação, cujo viés cognitivo que ela provoca até pode romper as condições prévias de equilíbrio, ocasionando crises e destruições, porém tem potencial para gerar um novo ciclo de desenvolvimento. Isso ocorreria em torno de inovações científicas e tecnológicas como as novas Tecnologias de Comunicação e Informação (TIC), IA, internet das coisas (IoT). Diante dessa expectativa, a promoção das ideias de Brynjolfsson McAfee (2014) não pareceu um problema grave a ser enfrentado pelo seletor público que frequenta o evento nos Alpes suíços. Ao contrário. O engajamento do Fórum Econômico Mundial à nova era das máquinas, promovida pelos autores, sugere que a destruição econômica, de fato, seria um caminho para fomentar uma nova ordem imaginada pelo capitalismo, com vistas a uma produtividade ainda mais ampla do que a proporcionada pela Revolução Industrial.

Assim, no ano seguinte (2015) à apresentação de Brynjolfsson em Davos, não surpreende a resposta dada a um dos itens avaliados numa pesquisa realizada junto aos participantes do Fórum Econômico Mundial sobre eventos tecnologicamente significativos — *Deep shift: technology tipping points and societal impact*, no original em inglês (WEF, 2015). O resultado da pesquisa sinalizou que 45% dos participantes ouvidos acreditam que um primeiro sistema artificialmente inteligente ocupará em 2025 um lugar num conselho de administração, órgão decisório máximo numa empresa, que trata, entre outras coisas, se mais trabalhadores serão contratados ou dispensados. De fato, mesmo antes de a IA mostrar toda sua capacidade nos mais altos postos do poder, os efeitos da junção da automação, conectividade e análise de dados, que definem também os rumos das TIC e da IoT, já são uma realidade.

Sensores, atadores, controladores são continuamente embarcados em máquinas e diversos tipos de objetos para coletar, armazenar e processar informações no campo, tornando-se a base do agrossistema digital conforme visto no Capítulo 3. Um dos objetivos é dar forma a novos conhecimentos e também encontrar alternativas que ajudem a superar problemas e desafios ecossistêmicos como a crise climática. Desse modo, a apuração veloz de grandes volumes e variedade de dados (*big data*) por meio do uso de plataformas e aplicativos digitais – implantados em dispositivos móveis ou não, por meio da IoT, por exemplo –, já faz parte do processamento produtivo e logístico automático das safras e da tomada de decisão econômico-financeira no campo. Situação que, destaca-se mais uma vez, quase sempre privilegia a produtividade em detrimento da equitatividade, dispensando cada vez mais o emprego de mão de obra, conforme mencionado no Capítulo 2.

Mas as linguagens digitais mais autônomas e inteligentes do século XXI, que fazem parte da chamada tecnosfera (HAFF, 2013 e 2014), não são perniciosas só para baixa geração de empregos segundo Sassen (2016). “Algumas formas de conhecimento e inteligência que respeitamos e admiramos”, tais como legislações e estruturas que favorecem o fortalecimento de redes e plataformas de negócios transnacionais, “estão na origem de longas cadeias de transação que podem terminar em simples expulsões” (SASSEN, 2016, p. 9). Como ocorre com parte de “3,5 milhões de agricultores familiares” da Indonésia que, em benefício de conglomerados industriais, teve confiscado pelo governo local o direito de uso de suas terras para plantações de palmeiras que abastecem mundialmente a produção industrial de óleo de palma, matéria-prima fundamental para fabricação de alimentos processados (SASSEN, 2016, p. 134). Além de ampliar a competitividade entre as populações de desempregados e a economia dos diversos países, a autora alerta que a associação das novas tecnologias aos interesses econômico-financeiros também tem favorecido à poluição irreversível de ecossistemas inteiros, como ocorrido no rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Samarco, em 2015, no distrito de Bento Rodrigues, em Mariana (MG).

Desse modo, as expulsões ecossistêmicas descritas por Sassen (2016, p. 13) favorecem a emergência de “novas lógicas organizadoras”. Em outras palavras, dinâmicas relacionais emergentes, desconhecidas até o advento das novas tecnologias digitais, tendem a ampliar a competitividade não apenas entre as populações desempregadas, porém até entre as condições físicas e elementos orgânicos e inorgânicos do ecossistema devido à crise ambiental que

provocam — vide o acúmulo de “terra e água mortas” (SASSEN, 2016, p. 179), como as resultantes do rompimento da barragem de rejeitos da Samarco, com potencial para inviabilizar o agrossistema e levar a extinção de várias espécies na região. Para Sassen (2016, p. 11), a destruição do ecossistema e a expulsão das famílias das suas propriedades rurais refletem as restrições impostas a elas por não deter “instrumentos” e até “instituições, sistemas e técnicas complexas, que requerem conhecimento especializado e formatos organizacionais intrincados” para participar dos modos de troca que movem a tecnosfera — sistema tecnológico do Antropoceno (HAFF, 2013 e 2014).

A população – enquanto trabalhadores e consumidores – tem desempenhado um papel cada vez menor nos lucros de muitos setores econômicos. Por exemplo, da perspectiva do capitalismo atual, os recursos naturais de grande parte da África, América Latina e da Ásia Central são mais importantes do que as pessoas que vivem naquelas terras, na condição de trabalhadores ou consumidores. Isso nos mostra que nosso período não é igual ao de formas anteriores do capitalismo que floresceram com base na expansão acelerada de classes trabalhadoras e médias prósperas. A maximização do consumo por residência foi uma dinâmica essencial desse período anterior, como o é, hoje, nas chamadas economias emergentes do mundo. Mas, em geral, não é mais o motor sistêmico estratégico que foi na maior parte do século XX. O que vem depois? Historicamente, os oprimidos com frequência se levantaram contra seus senhores. Mas hoje os oprimidos, em sua maioria, foram expulsos e sobrevivem a uma grande distância de seus opressores. Além do mais, o “opressor” é cada vez mais um sistema complexo que combina pessoas, redes e máquinas, sem ter um centro visível (SASSEN, 2016, p. 19).

Nesse quadro, considerando as ideias da autora, competitividade, expulsão ecossistêmica e centralização da tomada de decisão economicamente relevante são características marcantes dos modos de troca cognitiva da cultura digital. Segundo a lógica organizadora descrita por Sassen (2016), os expulsos do ecossistema (humanos, outras espécies animais, elementos orgânicos e inorgânicos) também deixam de ser contabilizados nas estatísticas econômico-financeiras conforme a condição improdutiva deles. Traços definidores da condição de abandono verificados nas diversas populações expulsas (agricultores familiares da Indonésia, por exemplo) e no *status* de terra e água mortas assumido pelo ecossistema de Bento Rodrigues (MG) sufocado pela lama arrancada do solo pela Samarco. Considera-se correta essa formulação proposta pela autora. Cabe ressaltar que mudanças climáticas provocadas por novas lógicas organizadoras, entretanto, também alcançam igualmente potencial para rebaixar o *status* da economia mundial ou expulsar populações economicamente ativas, conforme ocorrido no curso de 10 anos da *Dust Bowl*, tempestades de areia que, na década de 1930, afetaram o Centro-Oeste dos Estados Unidos (CAMARGO, 2017a).

4.2 – Dust Bowl

Embora Sassen (2016, p. 12) informe “que usamos a biosfera e causamos danos localizados há milênios”, a autora frisa que “somente nos últimos trinta anos esses danos se tornaram tão grandes que se transformaram num acontecimento planetário”. Em retrospectiva, porém, cabe lembrar que desde a emergência da 3ª Revolução Agrícola, no século XX, já se observavam processos acelerados de expulsão e competitividade no campo. É o que se verificou no início da expansão das fronteiras agrícolas nos Estados Unidos (EUA), em torno de 1910, incentivado pelo uso intenso de tratores e pela desmedida valorização da produtividade. Essa prática provocou a chamada *Dust Bowl* (CAMARGO, 2017a), cuia de pó, numa tradução livre. Um sintoma da incapacidade da tecnosfera em cuidar sozinha de seus rejeitos (HAFF, 2013 e 2014).

A *Dust Bowl* é um fenômeno climático caracterizado por tempestades de areia que, a partir de 1930, afetou por 10 anos as planícies altas do meio oeste dos EUA (Texas, Oklahoma, Kansas) e multiplicou os efeitos econômicos e sociais da Grande Depressão norte-americana, ao deixar na miséria cerca de 20% dos agricultores da região (WORSTER, 2004; CAMARGO, 2017a). Naquela época, a difusão agrícola de novas tecnologias e práticas insustentáveis, como o disseminado desflorestamento e, concomitantemente, o uso de máquinas e implementos agrícolas no solo, foi arrasadora para o Centro-Oeste dos EUA já comprometido pelo clima seco característico daquela região. Grosso modo, calcula-se que uma área de cerca de 405 mil quilômetros quadrados, equivalente a cerca de 10% da floresta amazônica, sofreu os impactos do fenômeno *Dust Bowl*.

A Dust Bowl foi o momento mais sombrio da vida no século XX nas planícies altas do meio oeste dos Estados Unidos. O nome sugere um lugar — uma região cujas fronteiras são tão inexatas como uma duna de areia [e que o poeta e jornalista norte-americano Walt Whitman (1819-1892) chamou de paisagem característica da América do Norte]. Mas também foi um evento de significado nacional, até mesmo planetário. Uma autoridade mundial amplamente respeitada em segurança alimentar, George Borgstrom [(1912-1990), cientista, geógrafo e ecologista que lecionou por muitos anos na Universidade Estadual de Michigan e editou mais de 30 livros sobre as dificuldades em fornecer alimentos para uma população mundial em constante expansão], classificou a *Dust Bowl* como um dos três piores erros ecológicos da história. Os outros dois são o desflorestamento das terras altas da China por volta de 3000 a.C., que produziu séculos de assoreamento e inundação, e a destruição da vegetação mediterrânea pelo gado, que deixou terras outrora férteis erodidas e empobrecidas. Ao contrário de qualquer um desses eventos, no entanto, a *Dust Bowl* levou cerca de meio século para ocorrer. Não se pode culpar o analfabetismo, a superpopulação ou a desordem social. Isso aconteceu porque a cultura estava operando exatamente como deveria. Os americanos abriram caminho através de um continente ricamente dotado, com uma eficiência devastadora e implacável, inigualável por qualquer pessoa em qualquer lugar. Quando os homens brancos vieram para as planícies, eles falaram expansivamente sobre “rebotar” e “quebrar” a terra. E foi exatamente o que eles fizeram. Algumas catástrofes ambientais são o trabalho da natureza, outras são os efeitos lentamente acumuladores da ignorância ou

da pobreza. A *Dust Bowl*, em contraste, foi o resultado inevitável de uma cultura que deliberadamente, autoconscientemente, colocou-se essa tarefa de dominar e explorar a terra para tudo o que era (WORSTER, 2004, p. 4).

Numa área já comprometida por mudanças climáticas como o *El Niño*, a *Dust Bowl* foi gerada, como se nota na citação, por práticas inadequadas de manejo do solo que desprezaram conhecimentos agrícolas sustentáveis divulgados desde antes do início da Era Cristã, conforme ensinam os “tratados latinos” de agricultura mencionados no Capítulo 2 (CONWAY, 2003, p. 193). As novas tecnologias, assim, apresentaram-se como mais revolucionárias para expansão da produtividade no campo do que os conhecimentos milenares sobre a perenidade do solo. Uma nova lógica relacional e organizadora cuja força foi rapidamente incorporada pela ativa economia agrária da região Centro-Oeste dos EUA a partir do início do século XX. O cartão de visitas dessa ordem imaginada eram os tratores, que já pareciam verdadeiras locomotivas, pesavam várias toneladas e rasgavam o solo, “rebetando” a terra, por meio de arados formados por vários discos de até 1,8 metro cada (WORSTER, 2004; CAMARGO, 2017a).

Para difundir o uso das novas tecnologias no campo a empresa John Deere Company, entre 1927 e 1957, publicou 28 edições de um manual sobre operação, manutenção e reparo de máquinas agrícolas (DEERE, 1935). Distribuído às escolas rurais, a publicação técnica almejava expandir para o campo novos e mais eficientes conhecimentos relativos à abertura de leitos para sementes, fertilidade do solo, uso de energia e equipamentos nas fazendas, tais como grades de discos, arados, plantadores de milho, tratores. Nesse sentido, a edição número nove do manual Deere (1935, p. 1 e 90-91) explica que “o leito de sementes deve ser espaçoso” e que, para isso, é preciso “desmembrar torrões de terra” do solo de forma a deixar uma cobertura superficial fina para o plantio ou para o crescimento das plantas.

As consequências danosas de ações de extensão rural como as disseminadas pelo manual Deere (1935) foram catastróficas. Não bastassem as intermináveis tempestades de areia que se espalharam por até 27 estados norte-americanos em 1934, a população, especialmente a infantil, sofreu ainda com severas doenças respiratórias (WORSTER, 2004; CAMARGO, 2017a). Além disso, parte das pessoas atingidas tanto no campo quanto nas cidades tiveram de viver longos períodos sem o contato com a luz do sol. Somente em 1935, calcula-se que cerca de 850 milhões de toneladas de terra e restos vegetais encobriram os céus daquela região e adjacências. Isso levou o presidente Franklin D. Roosevelt a criar um plano de reflorestamento das planícies altas dos EUA e a incentivar as técnicas de plantação em curvas de nível para evitar a erosão do solo

e reciclá-lo. Os fabricantes de implementos agrícolas também implantaram melhorias em suas máquinas, como tratores com cabines fechadas para enfrentar a poeira. Originalmente, as planícies altas do meio oeste dos EUA tinham uma vegetação que resistia à seca, segurava a umidade do solo e aplacava os efeitos dos ventos, mesmo nos períodos do *El Niño*. Práticas agrícolas insustentáveis, mas fiéis a difusão da 3ª Revolução Agrícola no século passado, influenciaram o comportamento ecossistêmico a responder com a *Dust Bowl*.

4.3 – Quarta Revolução Industrial

Na 4ª Revolução Agrícola, descrita no Capítulo 3, os desequilíbrios e expulsões passam a ser provocados não apenas por discos e arados usados nos tratores, mas pelo mercado financeiro, por exemplo. Nesse segmento, algoritmos parametrizados nas interações da cultura digital antecipam até em nanossegundos (1 segundo dividido por 1 bilhão) movimentos nos índices futuros de *commodities* agrícolas e do mercado de ações, como promovido por plataformas digitais como a eToro (SANTISO, 2013). O objetivo de quem utiliza essas plataformas eletrônicas é negociar a produção de boi, café, soja mesmo sem ter qualquer envolvimento direto com o agrossistema (que produz efetivamente as chamadas *commodities*, que numa tradução livre querem dizer mercadorias em português).

Nas plataformas digitais como a eToro a intensa oscilação no preço de índices acionários, comparáveis aos das *commodities* agrícolas, faz parte das regras aceitas por quem negocia valores futuros de cotações. A título de exemplificação empírica cita-se o que ocorreu em abril de 2013 (SANTISO, 2013). Uma mensagem falsa divulgada por um hacker no Twitter afirmava que o presidente dos EUA, Barack Obama, havia sido ferido num atentado. A *fake news* fez a bolsa de valores de Nova York, Dow Jones, recuar 145 pontos em poucos segundos. O boato foi desmascarado alguns minutos depois, mas seu impacto deixou marcas no mercado: prejuízos de US\$ 240 bilhões aos investidores em ações de Wall Street.

Como se nota, a cultura digital já modifica de forma disruptiva as condições anteriores de equilíbrio no mercado em prol até de previsões infundadas do desempenho econômico-financeiro. Essa tendência, alicerçada sobretudo na criação de novos produtos e serviços que passam a ser cada vez mais projetados com base no *big data* extraído até do burburinho (*buzz*) *on-line* da IoT, já alcança a indústria, o agronegócio, a saúde pública, as cidades e faz com que humanos dividam cada vez mais a tomada de decisão nesses setores com agentes e redes tecnológicas digitais. Desde 2014, conforme já citado nos capítulos anteriores, diversas

tecnologias como robôs inteligentes, veículos autônomos, edição genética Crispr têm se tornado tema recorrentemente discutidos em Davos (WEF, 2014 e 2015). Desde 2017, porém, esses assuntos ganharam ares de *best seller* com o lançamento feito pelo economista e idealizador do Fórum Econômico Mundial Klaus Schwab do livro *The Fourth Industrial Revolution*, ou 4RI, no acrônimo em português (SCHWAB, 2017). O autor é considerado o primeiro a apresentar ao mundo esse conceito. Nessa obra, lista-se como evidências da 4RI mudanças que têm ocorrido a uma velocidade exponencial, tais como a aprendizagem de máquina, a computação quântica, a IoT, a impressão em 3D.

Schwab (2017) assevera que a 4RI será tão poderosa, impactante e historicamente importante quanto as três revoluções anteriores, as quais incluem como impulso inicial à economia e às finanças a invenção da máquina a vapor, no fim do século XVII, seguida pela reorganização do trabalho em massa e do uso abrangente da eletricidade, a partir do fim do século XIX, e pela emergência da TI em meados do século passado. Mas a 4RI tem seguido um script diferente do já trilhado pelas suas antecessoras, de acordo com Schwab (2017). As revoluções industriais até o século XX liberaram a humanidade do poder animal, possibilitaram a produção em massa e trouxeram capacidades digitais a bilhões de pessoas. Por sua vez, a 4RI, guiada pela IA e pela IoT, caracteriza-se por uma série de novas tecnologias que estão fundindo e centralizando ainda mais os universos físico, digital e biológico, impactando todas as disciplinas, economias e indústrias, e até ideias desafiadoras sobre o que significa ser humano. Mas segundo o autor, para que a 4RI tenha sucesso é essencial capacitar um conjunto diversificado de indivíduos e comunidades a fim de evitar oposição popular contra as mudanças fundamentais em andamento.

Em resumo, Schwab (2017) alerta que as mudanças em torno da 4RI são tanto um prenúncio de grande promessa quanto de grande perigo. O setor econômico-financeiro teria o potencial de centralizar informações de bilhões de pessoas nas redes digitais, melhorar drasticamente a eficiência das organizações e até gerenciar recursos de forma a ajudar a regenerar ecossistemas, potencialmente desfazendo o dano de revoluções industriais anteriores. No entanto, há graves preocupações relacionadas à 4RI: o agrossistema (impactado pela 4ª Revolução Agrícola) poderá ser incapaz de se adaptar a ela, devido à insatisfatória disseminação da cultura digital no campo e a baixa cobertura da internet; os governos podem deixar de empregar e regulamentar novas tecnologias para capturar seus benefícios; as pessoas que perderão seus empregos e/ou cargos tradicionais podem criar uma massa desgovernada que impactará de forma preocupante a segurança, com elevação da desigualdade e fragmentação social.

No caso da segurança, os desafios destacados por Schwab (2017) já ocorrem, como revelam interferências técnicas ocasionadas por ação de *hackers*, como no caso da plataforma digital eToro (SANTISO, 2013). Em última instância, os problemas relacionados ao fluxo seguro das informações nas redes tecnológicas digitais têm potencial para ocasionar desastres, tais como veículos autônomos fora de controle, apagões elétricos em sistemas do tipo *smart grid*, pane em sistemas de produção automatizados de alimentos como os usados nas estufas holandesas e na nova-iorquina Gotham Greens, vistos no Capítulo 3. Atos que podem ser até mais catastróficos do que os já conhecidos ataques *ransomware* (sequestro de dados) ou de DoS (*Denial of Service*, em inglês, ou ataque de negação de serviço) no qual terroristas utilizam infraestrutura de países como Coreia do Norte, Rússia, China e Irã constantemente envolvidos numa espécie de Guerra Fria cibernética para invadir sistemas eletrônicos nos EUA e na Europa explorando falhas de *software* (ALIMENTO, 1999-).

Nesse nível, a vulnerabilidade nas cidades, saúde e indústria já é preocupante. O WannaCry, um *malware* oportunista que se valeu de uma vulnerabilidade conhecida (falta de atualização do sistema operacional Windows) e cuja neutralização só dependia da instalação de um corretor maciçamente divulgado pelo fabricante Microsoft fez diversas vítimas em março de 2017 (ALIMENTO, 1999-). Os hospitais e fábricas atingidos pelo ataque do WannaCry evidenciaram que parte das máquinas utilizadas nesses ecossistemas embora tenha a aparência de instrumentos de serviços específicos estão, na realidade, ligadas às redes computacionais e à internet. Nos hospitais é usual, por exemplo, haver equipamentos acoplados aos leitos dos pacientes (monitores cardíacos, respiradores) que, devido a estar em uso praticamente ininterrupto há muito tempo não têm seus *softwares* atualizados e se tornam, por isso mesmo, invisíveis aos inventários de *back up* e manutenção de dados como ocorre com outros aparelhos gerenciados por sistemas operacionais que necessitam de atualização de segurança periódica.

Na mesma linha, máquinas que equipam pontos de venda, câmaras de vigilância e outros tipos de controladores instalados em unidades de produção fabril e agrária, cujos sistemas de controle numérico mascaram a existência de sistemas operacionais embarcados neles, mesmo operantes estão frequentemente funcionando com versões desatualizadas de sistemas operacionais (ALIMENTO, 1999-). Este foi o fato preponderante para disseminação do *malware* oportunista WannaCry em 2017. Assim, quando uma vulnerabilidade semelhante não é detectada em redes tecnológicas digitais urbanas ou rurais ambas igualmente ficam suscetíveis aos ataques como

os conduzidos contra o sistema operacional Windows da Microsoft, também conhecidos como *day zero attack*. Igualmente, alguns casos de uso da IoT, como em colheitadeiras autônomas e robôs industriais, podem também resultar em risco para a segurança física de pessoas caso a tecnologia embarcada seja invadida e dominada por terceiros mal-intencionados.

4.4 – Culturas consorciadas

De acordo com pesquisas desenvolvidas por CEBALLOS (2015) e Nobre (2016) ainda resta uma pequena janela de oportunidade para evitar a organização de lógicas competitivas globais ainda mais destrutivas do que a *Dust Bowl* e, pelo novo potencial de risco futuro que oferecem, *days zero attacks* que visassem a estrutura de segurança alimentar. Enfim, situações que levem a expulsões ecossistêmicas definitivas tanto de humanos quanto de outras espécies orgânicas e inorgânicas (SASSEN, 2016). No caso descrito por Nobre (2016), que é presidente do Painel Brasileiro de Mudanças Climática e ex-pesquisador do Instituto de Pesquisas Espaciais (Inpe), o aspecto realçado são os desafios impostos pelo desmatamento à Floresta Amazônica a fim de torná-la agriculturável. Nobre (2016) alerta que ao atingir um patamar de desmatamento de 20% a degradação ecológica da Floresta Amazônica alcançará um ponto irreversível. E, em 2017, 19,5% da cobertura vegetal da região já não existia mais segundo informações compiladas por meio de dados apurados pelo Inpe (FOLHA, 2017).

Thomas Lovejoy (2017), professor que estuda a região da Floresta Amazônica desde 1965 e atualmente atua na área de ciência e política ambiental da Universidade George Mason (EUA) alerta, em sintonia às ideias defendidas por Nobre (2016), para os riscos associados à perda da cobertura vegetal no Norte do Brasil. A existência dos chamados rios voadores na região – interação entre a cobertura verde e a atmosfera local que garantem índices pluviométricos favoráveis para o agrossistema, conforme apontam diversas descobertas, a partir dos anos 1970, feitas pelo professor Eneas Salati do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (LOVEJOY, 2017) –, sinalizam que o desmatamento descontrolado pode pôr a perder modos ainda sustentáveis de equilíbrio ecossistêmico e provocar algo similar à *Dust Bowl*, mas com consequências mais abrangentes e desconhecidas.

Hoje sabemos que, além do desmatamento, o uso amplo de queimadas e as mudanças climáticas estão todos empurrando o sistema amazônico em direção a um ponto sem retorno. É difícil fazer uma estimativa precisa de onde se situa esse ponto, mas aqueles de nós que acompanhamos esses estudos pensamos que é provavelmente quando 20% da floresta tiver sido derrubada (LOVEJOY, 2017).

Para evitar esse risco, Nobre (2016) propõe uma combinação entre os conhecimentos humanos tradicionais dos nativos da Floresta Amazônica, o potencial dos recursos biológicos da mata e os avanços tecnológicos digitais a fim de desenvolver produtos, serviços e plataformas de alto valor, alinhados aos propósitos econômico-financeiros que movem a 4RI. Mas a estratégia de “reunir diferentes tipos de conhecimento” físicos e digitais, segundo o ponto de vista tecnográfico discutido no Capítulo 1, “não é necessariamente um processo tranquilo”; pois, para dar certo, é mandatória a formulação de uma dinâmica distribuída de cognição, cujo modo de troca seja estabelecido de maneira imparcial e descentralizada entre os interesses envolvidos (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 172). Além disso, uma lógica relacional baseada numa cognição distribuída difere muito do viés de confirmação construído em torno da tecnosfera. O paradigma associado às redes tecnológicas digitais já atribui até aos humanos um papel secundário na Terra. Conforme o *script* dos partidários da primazia da tecnosfera caberia ao homem:

Suportar as funcionalidades da tecnosfera [sistema tecnológico do Antropoceno], por exemplo, mantendo um emprego, reproduzindo, sendo suficientemente sociável para ajudar a sustentar uma rede humana de conhecimento e cooperação, pagando impostos e apoiando atividades como educação, sem os quais os esforços da tecnologia acabariam por se desmoronar (HAFF, 2014, p. 133).

O paradigma em voga pelos partidários da primazia da tecnosfera reserva um papel ainda mais secundário ao ecossistema, visto como um depósito de suprimentos necessários à manutenção das redes tecnológicas. Então, ao sistema tecnológico do Antropoceno caberia extrair “energia de alta qualidade do ambiente” para “trabalhar com essa energia a fim de sustentar a sua própria existência e”, também, “de suas partes, incluindo os humanos” (HAFF, 2014, p. 133). Segundo esse raciocínio:

O Antropoceno é produto das atividades humanas e da tecnologia. Geralmente, porém, a criação de tecnologia é considerada uma consequência dessas atividades e, portanto, um fenômeno derivado. De uma perspectiva de larga escala, surge um quadro diferente da relação dos humanos com a tecnologia, de que os humanos são partes de um sistema terrestre dinâmico e incontrolável do qual não podem escapar e em cujo serviço trabalham. A visão do homem como uma engrenagem em uma roda, sujeita a uma tecnologia dominante e impessoal, tem sido uma metáfora na cultura popular (por exemplo, no filme Tempos Modernos, estrelado por Chaplin em 1936). O ponto principal do meu presente argumento é ir além do uso da metáfora (exceto para as situações nas quais esclarece ideias) e mostrar, do ponto de vista físico, como certas condições derivadas de exigências de escala e organização reforçam a ideia de que os humanos são partes, em vez de simplesmente criadores e usuários da tecnologia moderna (HAFF, 2014, p. 135).

O quadro descrito por Haff (2014) já chamava a atenção de Félix Guattari (1930-1992) na década de 1980. No livro *As Três Ecologias*, originalmente lançado em 1989, o autor apontava

objeções em série à excessiva simplificação ecossistêmica: redução das redes de parentesco entre as espécies, enfraquecimento de qualquer tipo de alteridade em “função do contínuo desenvolvimento do trabalho maquínico redobrado pela revolução informática”, cujo resultado final seria o crescimento dos níveis “do desemprego, da marginalidade opressiva, da solidão” entre outras destruições ecossistêmicas (GUATTARI, 2001, p. 8-9). O autor também alertava para tecnocrática subserviência dos humanos em relação às mudanças técnico-científicas que, de forma acelerada, estariam modificando a Terra de forma irreversível. Segundo o autor, fato visível no “império de um mercado mundial de lamina os sistemas particulares de valor, que coloca num mesmo plano de equivalência os bens materiais, os bens culturais, as áreas naturais etc.; [...] sob a direção de máquinas policiais e militares” (GUATTARI, 2010, p. 10).

Alternativamente, o autor propunha uma nova articulação que chamou de ecosofia. Por meio dela, dever-se-ia buscar uma integração “entre os três registros ecológicos (o do meio ambiente, o das relações sociais e o da subjetividade humana)” como linha de fuga ou esclarecimento “conveniente” para a subserviência ecossistêmica à tecnosfera (GUATTARI, 2001, p. 8). O ponto de vista tecnográfico discutido no Capítulo 1 segue na mesma linha. Ou seja: a de se criar uma alternativa mais cooperativa do que competitiva para os modos de troca cognitiva entre humanos, tecnologia e ecossistema. Levanta, portanto, a possibilidade de como a cognição deveria ser distribuída em grupos de tarefas (ou em redes amplas de grupos de tarefas).

Para muitos casos estudados, verifica-se que a capacidade cognitiva é distribuída entre vários indivíduos e instrumentos. [Estudo] sobre o processo de navegação de “mar e âncora” [também conhecido como âncora de deriva e que é indicado para estabilizar uma embarcação durante uma tempestade com o auxílio de instrumentos], adotado por navio de guerra dos Estados Unidos, retrata uma equipe que sabe como realizar algo [no caso, estabilizar o barco na tempestade], embora cada membro da equipe saiba apenas como fazer a sua parte para atingir o objetivo. No entanto, mesmo que nenhuma pessoa tenha um quadro geral em mente do que está ocorrendo, o navio avança com segurança [em meio a tempestade]. Essa noção de cognição distribuída pode ser observada em muitas configurações sociotécnicas. [...] A noção de cognição distribuída sugere que a aprendizagem não-supervisionada, na qual não há controle central do que a rede aprende, também pode ocorrer. Isso desafia a ideia convencional da cognição individual. “Memória e conhecimento (por exemplo, padrões de categorização) são propriedades distribuídas em vez de propriedades de agentes individuais” [...]. Isso implica uma mudança de foco da aprendizagem pelos indivíduos para a aprendizagem por configurações de atores (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 172).

A cognição distribuída é, portanto, uma alternativa interessante para que ocorra a combinação entre os conhecimentos humanos tradicionais e os avanços tecnológicos digitais, como foi proposto por Nobre (2016). Trata-se também de uma possibilidade para enfrentar os processos de expulsão ecossistêmica descritos por Sassen (2016), criando uma via mais equitativa para o

relacionamento entre economia, finanças, humanos e meio ambiente. E isso já ocorre no agrossistema. Segundo Jansen e Vellema (2011), “agricultores no Mali plantam painço e sorgo”, duas espécies de gramíneas, “em um campo e decidem apenas no meio da estação, dependendo da precipitação, qual delas eliminar. Parece até mais apropriado conceituar essas práticas como ajustes sequenciais” em vez de dizer que seguem um plano de ação ou um planejamento intencional para as variáveis do ecossistema, uma vez que “fundamentam a capacidade dos agricultores de se adaptar a condições imprevisíveis e mutáveis. Em vez de analisar como as circunstâncias sociais e materiais determinam os cursos da ação, observa-se” o que o ecossistema tem “disponível para eles” (JANSEN e VELLEMA, 2011, p. 171).

Conforme o modelo que acaba de ser apresentado, um modo de cognição distribuída no campo é descrito pela Embrapa (2009) como plantio consorciado (CARVALHO e MICHEREFF F., 2009, usado também em culturas agroecológicas. Entre outras vantagens, o consórcio permite otimizar o uso de recursos ambientais, como nutrientes, água e radiação solar, uma vez que as espécies possuem ciclos de desenvolvimento diferentes. De acordo com a técnica, duas ou mais espécies podem ser cultivadas em conjunto, permitindo uma interação biológica benéfica para todas as espécies cultivadas. Espécies que têm essa relação são conhecidas como companheiras. Como efeito da consorciação, “a diversidade aumenta, também aumentam as oportunidades para a coexistência e as interações benéficas entre as espécies, resultando em sinergismos” (CARVALHO e MICHEREFF F., 2009, p. 8). O setor de hortaliças é o que mais tira proveito dessa técnica. “Atualmente, os maiores desafios da pesquisa se relacionam [justamente] à determinação das culturas a serem cultivadas juntas, a forma de manejo e a viabilidade destes sistemas” (CARVALHO e MICHEREFF F., 2009, p. 9). Um exemplo ainda mais abrangente disso foi apresentado no Capítulo 1: o jardim doméstico, no qual 56 espécies diferentes, até de animais como peixes e aves domésticas, juntam-se a plantas úteis e “são cultivadas em intrincadas relações umas com as outras” em pequenos terrenos (CONWAY, 2003, p. 208-209).

Em menor ou maior grau, outros modos que tiram proveito do uso da cognição distribuída no campo são algumas das técnicas agronômicas apresentadas nos Capítulo 2 e 3, tais como: o plantio direto, no qual a terra não fica nua (sujeita a erosão e enxurradas), mas coberta com a palhada e os restos de cultura como sorgo, milho, capim; a rotação de culturas, que consiste em alternar as plantas cultivadas depois de cada nova safra, com o objetivo de evitar exaurir o solo; a cultura das sementes da paixão, que integra arte, religião e comércio justo no plantio vegetal no Nordeste do Brasil; o uso de galpões fabris abandonados nos grandes centros urbanos,

situados a pouca distância dos locais de compra e consumo (supermercados, restaurantes, residências) para o cultivo de verduras em ecossistema controlado, como faz a Gotham Greens no bairro do Brooklyn, em Nova York; e até a monocultura da cana praticada pela marca Native, voltada à produção e comercialização de açúcar e álcool orgânicos. O agrossistema brasileiro já tira proveito de técnicas agronômicas como essas para se posicionar com sucesso no mercado mundial (BUAINAIN et al., 2014). Contrariamente ao senso comum, o Brasil tem se destacado assim pelo modo inteligente de uso do território para lavoura, em comparação a outros países.

Dados de 2016 da Embrapa Territorial ganharam força diante dos seguintes números divulgados pela NASA (agência especial norte-americana), em 2017: o Brasil utiliza 7,6% de seu território com lavouras, somando 63.994.479 hectares, sem considerar as áreas de pastagens usadas para criação animal (ALIMENTO, 1999-; GFFA, 2018). Isso indica que o Brasil preserva a vegetação nativa em mais de 66% de seu território. Nesse número estão os espaços preservados pelo segmento rural, as unidades de conservação integral, as terras indígenas que somam 631 milhões de hectares, área equivalente a 48 países da Europa somados. Comparativamente, outros países não tiveram o mesmo cuidado: a Dinamarca cultiva 76,8%, dez vezes mais que o Brasil; a Irlanda, 74,7%; os Países Baixos, 66,2%; o Reino Unido 63,9%; a Alemanha 56,9%. De maneira geral, as áreas cultivadas variam de 0,01 hectare por habitante – em países como Arábia Saudita, Peru, Japão, Coreia do Sul e Maurítânia – até mais de 3 hectares por habitante no Canadá, Península Ibérica, Rússia e Austrália. O Brasil teria uma área cultivada de 0,3 hectare por habitante, situando-se na faixa entre 0,26 a 0,50 hectare por habitante, que é o caso da África do Sul, Finlândia, Mongólia, Irã, Suécia, Chile, Laos, Níger, Chade e México.

Os dados foram levantados com base em mapeamento e cálculo das áreas cultivadas do planeta via monitoramento por satélites (ALIMENTO, 1999-; GFFA, 2018). Segundo os autores, durante duas décadas a Terra foi vasculhada detalhadamente por meio de imagens de alta definição que atestaram, em 2017, os dados antecipados pela Embrapa em 2016. No caso específico do Brasil os números refletiriam, ao menos em parte, o sucesso da rede tecnológica que promove a integração lavoura-pecuária-floresta, ou ILPF (2012-), regulamentada pela legislação brasileira conforme a Lei nº 12.805/2013. De acordo com a estratégia de produção prevista nessa ordenação legal, diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais são integrados dentro de uma mesma área e/ou contiguamente a matas ciliares e reservas florestais estaduais e nacionais. Isso permite a formação de longos corredores verdes que favorecem o trânsito de animais selvagens por meio deles no Brasil.

4.5 – Coletivos inteligentes

Consoante aos critérios da FAO (2014) apresentados no Capítulo 2, todos os modos de cognição distribuída listados no subcapítulo anterior (plantio consorciado, jardim doméstico, plantio direto, rotação de culturas, sementes da paixão, produção orgânica, agricultura urbana, ILPF) são formas de inovação voltadas à organização e gerenciamento do agrossistema, assim como os outros modelos de negócios e plataformas digitais vistos no Capítulo 3. Isso reforça as ideias defendidas por Jansen e Vellema (2011) sobre as oportunidades de estender a capacidade cognitiva distribuída entre humanos, ecossistema e tecnologias. Mas cabe lembrar que bem antes desses autores, entre as décadas de 1980 e 1990, além do já citado Félix Guattari (2001), outro autor cuja obra se destacou por estudar os coletivos inteligentes foi Pierre Lévy (2010).

Para Pierre Lévy (2010, p. 137), “a inteligência ou a cognição são o resultado de redes complexas onde interagem um grande número de atores humanos, biológicos e técnicos”. Esse autor defendia há 30 anos que estratégias relevantes na época dele, como a emergência do ensino da informática nas escolas francesas ou, por analogia no século XXI, a extensão rural das habilidades do agrossistema e da cultura digital de modo geral, não poderiam mais se furtar aos “mínimos detalhes ‘técnicos’, dos quais nenhum pode ser desprezado, e que são todos inseparavelmente políticos e culturais, ao mesmo tempo que são técnicos” (LÉVY, 2010, p. 9). Logo, não há mais como defender uma visão dualista “entre o sujeito e o objeto do conhecimento”, uma vez que, conforme a “ecologia cognitiva” fruto das complexas redes inteligentes, as tecnologias da inteligência resultam e criam ao mesmo tempo um ecossistema ou “coletivo dinâmico” difícil de ser classificado tanto pela epistemologia quanto pelas “estruturas formais dos belos dias do ‘pensamento de 1968’” (LÉVY, 2010, p. 10-11).

Para agir num emaranhado político e cultural em simbiose com as redes tecnológicas e ecossistêmicas – quadro que se tornou na segunda década do século XXI ainda mais imprevisível daquilo que foi antecipado por Guattari (2001) e Lévy (2010) –, Di Felice (2017, p.10) delinea uma nova formulação chamada net-ativismo, que define como “um ‘campo de forças’ que reúne interesses e resultados de pesquisa de âmbitos disciplinares diversos”. E, como tal, implica numa diferente forma de agir, até à distância, que se opõe à ideia de força de contato. “Um agir cuja não-natureza e cuja dimensão atópica”, que em grego é “lugar atípico, fora do lugar e indizível, tornam difícil a sua própria narração” (DI FELICE, 2017, p. 10).

A formulação que acaba de ser apresentada pressupõe humanos, meio ambiente, redes tecnológicas em comunhão. No entanto, essa comunhão estaria sujeita a uma espécie de apêndice temporal e espacial cuja ação, quando se dá, ocorreria em função de algum acontecimento vinculante (por exemplo, uma greve iniciada por uma categoria profissional), geralmente como “resultado de uma mediação técnica” (DI FELICE, 2012, p. 150). Essa formulação valeria para comunhão entre os elementos que compõem a biosfera, a tecnosfera e/ou a noosfera – mais conhecida como sociedade da informação e baseada nas linguagens criadas pelo homem (CRUTZEN e STOERMER, 2000; SANTAELLA, 2015/2016) –, a qual ganhou forças renovadas com a emergência do código digital, da multimídia e da mobilidade interativa. Nesses termos, o agrossistema (até devido à expansão das redes tecnológicas agrícolas) abrange cada vez mais bactérias, água, solo, plantas, animais, vento, linguagens, culturas em acontecimentos cujos vínculos são, em sua imensa maioria, imponderáveis.

A partir dessa percepção, esta última abordagem considera o processo de digitalização não apenas como uma condição que envolve os indivíduos em seu processo de interação técnico-comunicativa, mas como uma alteração da condição que passa a interessar todo o território, isto é, o conjunto de pessoas, os espaços, o meio ambiente, as arquiteturas urbanas [e rurais] e as informativas, o conjunto de realidades sociais e econômicas, as práticas culturais e as político-conflitivas, enfim: todos os coletivos que compõem uma determinada territorialidade, conectando e expandindo a mesma, em todas as direções. Em outras palavras, o ponto de partida desta abordagem, que definimos ligada à interação de redes de redes, é o pensar que não são apenas as pessoas e as arquiteturas informativas que se estão digitalizando, mas os territórios, isto é, o conjunto de realidades, humanas e não-humanas, que estão no subsolo (minerais e matérias-primas), nas superfícies (os coletivos humanos, societários, mas também aqueles biológicos, ambientais, vegetais e animais) e aqueles que estão no ar — o conjunto de informações, ondas de rádio, sistema 3G, sinais de Wi-Fi (DI FELICE, TORRES e YANAZE, 2012, p. 180-181).

No agrossistema digital isso pode ser observado em diversos acontecimentos vinculantes. Por exemplo: no *hacktivismo* que ocorre por meio de fóruns *on-line* para burlar contrato de licença de usuário final de equipamentos agrícolas de precisão (KOEHLER, 2017); no uso do aplicativo digital WhatsApp tanto para o engajamento de agricultores africanos em Kigali, capital de Ruanda (GFAR, 2016), quanto no bloqueio por cerca de 10 dias das estradas realizado pelos operadores de transporte de carga (greve dos caminhoneiros) que comprometeu o abastecimento de alimentos no Brasil (ZAIA, 2018; ROSSI, 2018). Três fatos representativos de como as comunidades agrícolas, direta ou indiretamente, têm se organizado de forma cooperativa e/ou competitiva entre si por meio da expansão dos coletivos inteligentes no campo. E isso ocorre até nas comunidades mais tradicionais. No Nordeste do Brasil, as mesmas lideranças envolvidas na cultura das sementes da paixão, apresentadas no Capítulo 2, também

têm debatido como as redes tecnológicas podem ser incorporadas à comunicação popular de modo a ajudar na permanência dos jovens no campo (AS-PTA, 1983-).

A cultura digital norteou o “I Encontro Estadual de Comunicação da Articulação do Semiárido Paraibano – ASA-Paraíba” (AS-PTA, 1983-), realizado entre os dias 25 e 27 de março de 2015 em Campina Grande (PB). Os participantes discutiram uma política de comunicação enraizada nas práticas locais vinculadas às da cultura das sementes da paixão, construída na perspectiva da transformação social e com foco no fluxo de informações entre as famílias, a comunidade, as organizações que as representam e a sociedade. Tocante a isso foram realizadas oficinas sobre ativismo, mobilização e redes sociais. Este último tópico discorreu sobre a importância da questão da democratização da comunicação, destacando o potencial e as implicações do uso comunitário dos novos ecossistemas tecnológicos, bem como seus desafios e limitações — em suma, aspectos mais político-ideológicos sobre o uso das redes sociais da internet; etapa que já foi superada pelos agricultores africanos que utilizam o WhatsApp de forma mais assertiva para economia agrícola (GFAR, 2016), como será visto a seguir neste subcapítulo.

Mas antes de destacar outros pontos interessantes sobre o uso cooperativo e/ou competitivo das novas linguagens digitais no campo (CAMARGO, 2017b), cabe situar que aquilo que se concebe como redes tecnológicas é, principalmente, fruto de um processo evolutivo iniciado no fim do século XIX e ampliado com o surgimento das três últimas eras culturais – de massa, das mídias e digital – descritas por Santaella (2003). Entre os séculos XX e XXI, esse processo acelerou-se por meio de uma infraestrutura de redes de mídia (internet, computação em nuvem), sociais (Twitter, WhatsApp) e das coisas (LoRa, IoT, termos já apresentados no capítulo anterior) que permite um modo especial de organização, cada vez mais abrangente, baseado na “incessante evolução dos dispositivos tecnológicos”, os quais possibilitam “que paulatinamente os computadores, como estamos acostumados a conhecê-los, desapareçam de nossas vistas e cedam espaço a tecnologias pervasivas intercomunicantes, instaurando uma nova ecologia comunicativa” (SANTAELLA et. al., 2013c, p. 28). Em sintonia com esse comportamento, registros da micro-história revelam como comunidades agrícolas têm aproveitado o avanço dos ecossistemas digitais por meio do uso do aplicativo WhatsApp, conforme descrito a seguir:

“Lembro-me de uma vez que me pediram para caminhar 10 quilômetros de casa para encontrar um comprador local para vender nosso maracujá e mamão para que meus pais pudessem pagar minhas mensalidades escolares. Esse comprador, por sua vez, caminhou 10 quilômetros para vender a fruta em Kigali, capital de Ruanda. Não havia telefones celulares para ligar uns aos outros; não havia outra opção senão percorrer

essas distâncias. Em nossa aldeia, se alguém precisasse usar pesticidas em suas plantações de café, eles precisavam ir de casa em casa para encontrar uma máquina de bombeamento. Como você pode imaginar, levaria muito tempo para perguntar a toda a aldeia.

Hoje em dia, sinto-me abençoado por poder abrir automaticamente o meu *smartphone* para verificar novas mensagens e conversar com um grupo [YEAN] de jovens agricultores no WhatsApp. Na verdade, esses agricultores são o que eu chamo de ‘a esperança de amanhã’. Quando acesso o grupo WhatsApp, posso sempre ver como diferentes trocas são compartilhadas, assim como novas conversas, novas fotos de fazendas distantes, novos vídeos agrícolas e novos documentos sobre técnicas agrícolas. Bem como avisos do Ministério da Agricultura e outras agências agrícolas. Começo meu dia com esse ‘café da manhã’ e, desse modo, posso iniciar meu trabalho cheio de compromisso com esses jovens agricultores inspiradores.”

Existem cerca de 250 agricultores brilhantes, comprometidos, habilidosos e profissionais, que fazem parte de uma plataforma que é apoiada pela Rede de Engajamento de Jovens em Agricultura (YEAN, na sigla em inglês), um parceiro do GFAR [*The Global Forum on Agricultural Research*]. Esta organização [YEAN] partilha informação agrícola e permite a prestação de serviços de extensão agrícola a estes jovens agricultores [...]. Com a plataforma YEAN, informações são compartilhadas digitalmente, tais como cultivar a cultura, como comprar ou vender produtos e até como importar ou exportar produtos agrícolas. É uma maneira fácil e inteligente de conectar os agricultores [africanos] a outros agricultores e aos compradores e formuladores de políticas. A rede social digital está influenciando fortemente esta nova geração de agricultores profissionais. Um amigo meu realmente comprou sementes de mamão do Brasil graças ao apoio do grupo [YEAN no] WhatsApp e outra jovem também conseguiu iniciar a criação de pato desta forma (GFAR, 2016).

Em outro registro relacionado à micro-história agrícola, o uso do WhatsApp foi preponderante durante a organização da greve dos caminhoneiros no Brasil, realizada em maio de 2018, que provocou prejuízos de R\$ 6,6 bilhões para agricultura e pecuária até o oitavo dia da manifestação (ZAIA, 2018). Durante a paralização, leite, criações, vegetais foram descartados diretamente no campo. Por sua vez, os pontos de venda do varejo ficaram desabastecidos de itens como combustíveis fósseis, verduras, proteína animal e, em menor escala, até de arroz e feijão, elevando o preço desses produtos para população. Uma demonstração de como a falta de alimentos no século XXI está associada mais a um problema logístico e de carência de renda do que propriamente de produção de proteínas animais e vegetais, como já enfatizado no Capítulo 2. Isso ocorreu devido à “maior mobilização mundial já feita pelo WhatsApp” de acordo com “Yasodara Córdova, pesquisadora da Escola de Governo de Harvard, nos Estados Unidos, que estuda como os governos lidam com a internet, e Fabrício Benevenuto, professor de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG” (ROSSI, 2018).

Segundo os pesquisadores, o diferencial do WhatsApp em relação às publicações públicas feitas no Twitter, protagonista da Primavera Árabe em 2011 no Oriente Médio, é que “as mensagens de WhatsApp atingem apenas um indivíduo ou os participantes do grupo, limitados a um número máximo de 256 pessoas” (ROSSI, 2018). Como a circulação no universo físico e digital

já faz parte da essência da atividade dos caminhoneiros tanto para transportar quanto para conseguir carga, a intensa mobilidade e integração entre eles contribuiu para que as informações da greve se espalhassem e ganhassem engajamento de dimensão nacional. “A gente viaja o Brasil inteiro e vai conhecendo outros caminhoneiros. Quando chega no posto para dormir, a gente conversa, troca o (número de) WhatsApp. Aí, quando chegou a greve, já havia vários grupos montados e a gente distribuiu a informação”, disse o caminhoneiro Moisés de Oliveira, “de 40 anos, 22 anos deles passados atrás do volante do caminhão” (ROSSI, 2018). Além disso, no WhatsApp:

A comunicação é mais difusa. A conversa vai se propagando pelos celulares, sem registro de quem foi a fonte original da informação — seja mensagem em texto, imagem, áudio ou vídeo. Assim, fica mais difícil identificar quem são as vozes mais difundidas e que estão se transformando em lideranças. Essas características fazem com que a mobilização pelo WhatsApp represente um novo desafio para governos, acostumados a negociar com lideranças de organizações definidas, com logotipo e CNPJ (ROSSI, 2018).

A confiança na comunicação reticular, consolidada na ação de coletivos inteligentes que já dominam o uso de ecossistemas digitais, também têm imposto um novo desafio para os Fornecedores de Tecnologia Agrícola (FTA). Já a partir de 2014 a *American Farm Bureau Federation* (AFBF) passou a observar que muitos dos agricultores associados estavam preocupados com a variedade e quantidade de dados que a tecnologia embarcada nas máquinas e implementos rurais vinha coletando durante o processamento da cultura vegetal na América do Norte (SBIAGRO, 2017; CAMARGO, 2017b). Na opinião deles não havia regras claras, confiáveis e transparentes por parte dos fornecedores de IoT, de Agricultura de Precisão (AP) e das tecnologias de informação e comunicação no campo (AgroTIC) quanto à utilização que fariam do *big data* rural coletado no campo por meio de diferentes máquinas e implementos rurais. Os principais questionamentos aos FTA realizados pelos filiados à AFBF eram:

- Quem tem o direito de decidir o que e como usar o equipamento: o FTA ou o agricultor que comprou o equipamento?
- Quem é dono os dados captados pelo equipamento no campo?
- De que maneira as informações obtidas por meio desses dados serão usadas pelos FTA?
- Como faço para colocar uma proteção em torno dos dados da minha plantação que não quero compartilhar, para que possa protegê-los para as futuras gerações?
- O que você (FTA) legalmente pode fazer com os dados coletados na minha propriedade?
- O que acontece com meus dados depois de parar de trabalhar com sua empresa?

Como não obtinham respostas satisfatórias por parte dos FTA, os agricultores foram buscar uma solução para suas dúvidas nas redes tecnológicas do agrossistema digital (SBIAGRO, 2017; CAMARGO, 2017b). Preventivamente, passaram a burlar o contrato de licença de usuário final dos equipamentos agrícolas que conferem aos FTA o direito de controlar funcionalidades essenciais dessas máquinas mesmo à distância. Entre outras desvantagens, isso impede a realização de reparos “não autorizados” nos equipamentos, sob o risco de eles terem seu funcionamento bloqueado, o “que os agricultores veem como um ataque à sua soberania e muito possivelmente uma ameaça existencial ao seu sustento quando seu trator para de funcionar em situações [como aquelas relacionadas à colheita de grãos no campo que são] inoportunas para solicitar o reparo por parte da assistência autorizada” (KOEBLER, 2017). Para contornar o problema, tem sido observado o crescimento do *hacktivismo* contra os sistemas informacionais embarcados em tratores de última geração.

Agricultores do estado norte-americano do Nebraska, por exemplo, burlam o *firmware* das máquinas por meio de conhecimentos compartilhadas em fóruns *on-line* sediados na Ucrânia, abertos apenas para convidados que aderem ao *hacktivismo* (KOEBLER, 2017). Desse modo, os participantes dessa rede tecnológica transnacional do agrossistema digital passaram a se posicionar contra as restrições à tomada de decisão deles impostas pelos FTA. A atitude assumida pelos agricultores está vinculada a uma cultura estreitamente relacionada à defesa da liberdade política de uso das tecnologias digitais (GARNET e PARIKKA, 2016). Recorrendo aos fóruns *on-line* para *hacktivismo* os agricultores do Nebraska praticam uma extensão da cultura do Faça-Você-Mesmo (DIY, na sigla em inglês), do desvio de circuito, da modificação de *hardware*, da arqueologia das mídias e outros exercícios *hacktivistas* que estão intimamente relacionados ao uso social e político das tecnologias de comunicação e informação.

O desvio de circuito é um movimento eletrônico DIY realizado por indivíduos sem aprovação ou treinamento formal e focado na manipulação de circuitos e alteração da função concebida para uma tecnologia. [...] Desvio de circuito é uma forma de funcionamento que nos lembra que os usuários de forma consistente reapropriam, personalizam e manipulam produtos de consumo de maneiras inesperadas, mesmo quando o funcionamento interno dos dispositivos é intencionalmente projetado como um território para especialistas [...]. No âmbito da arqueologia da mídia é importante notar que não há simplesmente uma caixa preta. Em vez disso, o interior de uma caixa esconde uma infinidade de outras caixas pretas que trabalham em interação, cumprem vários papéis, com diferentes durações. Como Bruno Latour [2000] observa, é muitas vezes quando as coisas quebram que um sistema aparentemente inerte abre para revelar que seus objetos contêm mais objetos, e, na verdade, esses inúmeros objetos são compostos de relações, histórias e contingências (GARNET e PARIKKA, 2016, p. 103-108).

Para contornar eventuais problemas legais relacionados ao desvio de circuito praticado pelos agricultores devido à quebra do contrato de licença de usuário final dos equipamentos IoT, AP e das AgroTIC, e concomitantemente sanar a falta de transparência quanto ao uso do *big data* rural coletado pelos FTA,

a AFBF passou a realizar [a partir de 2014] uma série de reuniões com representantes de outros grupos agrícolas interessados [em buscar respostas aos questionamentos feitos pelos agricultores aos FTA], tais como a *American Soybean Association*, a *National Corn Growers*, a *National Association of Wheat Growers*, a *National Farmers Union* e a *National Sorghum Producers*. Essas organizações já enfrentavam problemas semelhantes. As *agtechs* fornecedoras de tecnologia também foram convidadas. Representantes dos grandes fabricantes de equipamentos estavam lá: Deere, CNH, AGCO, bem como grandes empresas de sementes e produtos químicos, Dow, DuPont e Monsanto. Pequenas *start-ups* de tecnologia também participaram. Depois de uma série dessas reuniões, o grupo elaborou os Princípios de Privacidade e Segurança para Dados Agrícolas, ou o que hoje chamamos de “Princípios Fundamentais do *Ag Data*”. Os Princípios Fundamentais do *Ag Data* transparente representam diretrizes básicas que os FTA deveriam seguir ao coletar, usar, armazenar e transferir dados do *big data* rural das propriedades rurais. Após a publicação dos Princípios Fundamentais do *Ag Data*, [até o primeiro semestre de 2018] 37 empresas diferentes o assinaram, comprometendo-se a incorporá-los em seus contratos de licença de usuário final junto aos agricultores (AG DATA, 2017-).

Os FTA que buscam transparência quanto ao uso que farão do *ag data* devem submeter seus contratos com os agricultores para certificação por parte do *Ag Data Transparency Evaluator*, Inc., uma organização não-governamental (AG DATA, 2017-). Além disso, devem responder a 10 perguntas sobre como coletam, armazenam, usam e compartilham o *big data* rural das propriedades clientes. Os contratos e as respostas às 10 perguntas são então revisados por uma auditoria independente. Se as respostas forem confiáveis, o FTA recebe um selo de aprovação do *Ag Data Transparency Evaluator*. Se houver discrepância, a empresa responsável pela tecnologia deve fazer uma alteração antes de o selo ser concedido. Cada uma das 10 perguntas é baseada em um ou mais dos Princípios Fundamentais, criados em torno dos questionamentos iniciais feitos em 2014 pelos agricultores aos FTA. Por exemplo, um dos princípios da transparência do *Ag Data* refere-se à portabilidade: os agricultores devem poder mover dados de uma plataforma e usá-los em outra, caso mudem o FTA.

Observa-se nessa iniciativa de criação do *Ag Data Transparency Evaluator* como os agricultores continuam a valorizar a confiança, a transparência, o livre acesso, a horizontalidade da comunicação e a troca cooperativa de conhecimentos tecnológicos entre eles. Isso já havia sido indicado pela sociologia rural no século XX nos estudos de casos dos problemas relacionados à transferência para o campo das sementes tanto melhoradas como transgênicas (RYAN e GROSS, 1950; VEIGA, 2007), conforme discutido no Capítulo 2. Nesse sentido, o

Ag Data Transparency Evaluator reforça a oposição do agrossistema a redes tecnológicas digitais organizadas de modo centralizado e menos equitativo, do tipo caixa preta (LATOURE, 2000), como as oferecidas muitas vezes pelos FTA. Para superar esse embaraço, que não é exclusivo do agrossistema, a cultura digital tem estudado como pode aproveitar em diferentes ecossistemas digitais tecnologias como a DLT – *Distributed Ledger Technology*, mais conhecida como *blockchain* e originalmente desenvolvida para a movimentação *on-line* de moedas virtuais sem a interferência de uma autoridade central (ALIMENTO, 1999-; GIGLIO, MALÓ e PARADISI, 2016), tema que será mencionado no próximo subcapítulo.

4.6 – Manual de operação da Terra

Formulações e exemplos como os que acabam de ser discutidos nos subcapítulos anteriores, sobre plantio consorciado, ILPF, net-ativismo e a ação cultural, política e econômica dos coletivos inteligentes do agrossistema digital são indicativos da evolução da teoria Gaia, popularizada a partir de 1970 (VEIGA, 2012). Sinalizam como a biosfera passou a incluir, numa espécie de rede das redes, a tecnosfera e a noosfera. Esta última, mais conhecida como sociedade da informação, representa de forma evidente as “influências das formas de pensamentos sobre os ambientes”, principalmente a partir de 1924, conforme as ideias lançadas pelo geólogo russo V. I. Vernadsky e pelo jesuíta francês Teilhard de Chardin (SANTAELLA, 2015, p. 47). Nesse sentido Crutzen e Stoermer (2000) até chamaram a noosfera de o universo do pensamento, “para marcar o crescente papel do poder da mente e dos talentos tecnológicos humanos para conformar seu futuro” (SANTAELLA, 2015, p. 47). A noosfera e a biosfera, portanto, juntas compõem os inúmeros canais de comunicação entre os polos animados e inanimados que integram o ecossistema e configuram a condição humana na Terra.

No entanto, a pujança da tecnosfera (que é uma impressão falsa, porque pode ser e é burlada pelo desvio de circuito dos movimentos eletrônicos DIY, discutido no subcapítulo anterior) tende a deixar em segundo plano as trocas ecossistêmicas mais orgânicas e/ou instintivas, como a dos caçadores-coletores e diversas espécies já extintas, que tiravam melhor proveito da simbiose e das relações entre as redes vegetais e animais (CAMARGO, 2016b). Mas como este capítulo buscou demonstrar, são indissociáveis os modos de trocas cognitivas entre noosfera e biosfera e, de forma correlata, entre elas e a tecnosfera. Em conjunto, os processos mentais de alta diversidade e complexidade, que fornecem a conectividade entre elementos tão díspares do ecossistema – conectividade que promove o fluxo de informação tão necessário para formação do agrossistema digital, por exemplo – aos poucos vêm sendo revelados e valorizados por

autores como Guattari (2001), Lévy (2010), Jansen e Vellema (2011), Harari (2015), Gitelman (2015), Di Felice (2017) entre outros. Em menor ou maior grau, todos eles têm explorado em seus ensaios como humanos, vegetais, animais, minerais e outras formas tecnológicas se horizontalizam em relevância em acontecimentos que os vinculam à realidade. Assim, levantam questões importantes para o agrossistema digital.

O trabalho desses autores ajuda a refletir como a cultura digital está intrinsecamente ligada ao uso de materiais e conhecimentos trocados com o ecossistema (CAMARGO, 2016b). Em termos ontológicos, isso ocorre numa relação a mais plana possível, envolvendo elementos como terras-raras, enxames, insetos, lixo, sementes, fósseis digitais, segundo o especialista em novas mídias Jussi Parikka (2015b). Este autor descreve, por exemplo, as complexas camadas que constituem os meios de produção do conhecimento na tecnosfera, que agenciam e são agenciadas “não apenas pelo ecossistema, mas pela situação política, social, cósmica, psíquica, social e, de fato, ecológica” (PARIKKA, 2015a). A repercussão do trabalho de Parikka (2015b) – autor de livros como *Insect Media*, lançado em 2010 –, indica como a ecologia, os insetos e a influência deles na mídia e na cultura digital podem ultrapassar a simples referência metafórica.

Para contrapor-se às eventuais objeções a essas ideias, Parikka (2013; 2015b) ressalta que a extravagância delas perdura só até se perceber o quanto uma discussão integrada entre cultura digital e ecologia expande o conhecimento sobre como a realidade influencia a tecnologia, e ambas estão interligadas. Logo, levar em conta as generalizações em torno da materialidade tecnológica é uma maneira de ver como o digital e o ecológico se transmutam em mídia, natureza, animais e vida orgânica e inorgânica (algo compreensível ao considerar que a realidade é constituída de informação, como já discutido no Capítulo 3). O autor ainda assinala que é graças aos “recursos e materiais recolhidos das profundezas geológicas”, como as terras-raras usadas nas baterias dos *smartphones*, “que nossas tecnologias de mídia funcionam” (PARIKKA, 2013).

Uma tentativa de ir além da superfície das camadas materiais dos objetos midiáticos é algo que ainda pode ser inferido no trabalho dos autores do chamado realismo especulativo (TRANSOBJETO, 2013-). Nota-se isso na ontologia orientada às máquinas criada por Levi Bryant (2014). Para ele tudo (objeto, substância, corpos, entidade, coisa) são máquinas. Segundo o autor, essa forma de pensamento permite libertar-se “de uma obsessão filosófica de

400 anos de idade com o interrogar da relação entre sujeitos e objetos” (BRYANT, 2014, p. 15). Mas do ponto de vista da materialidade da ecologia midiática (PARIKKA, 2015b), o problema não se resolve ao dar maior ou menor preponderância ao humano em comparação aos demais elementos que compõem a biosfera, noosfera e/ou tecnosfera como defendem os realistas especulativos.

Precisa ser levado em consideração nesse raciocínio como todos os objetos (vivos e inanimados, existentes no ambiente ou na ecologia cultural ou midiática) estão impregnados uns dos outros (PARIKKA, 2015b). E, indo adiante nesse posicionamento, até não se pode afirmar de maneira categórica que foram engenheiros quem moldaram as terras-raras usadas nos equipamentos digitais da AP, por exemplo. Da mesma forma como, muito provavelmente, não foram os agricultores que domesticaram a semente de trigo, mas o contrário disso (argumento já discutido no Capítulo 2). Parafraseando Parikka (2015a), pode muito bem ter sido os recursos naturais quem afetaram os praticantes da engenharia para lhes dar a materialidade tão necessária e intrínseca à evolução da cultura digital.

Nessa linha de discussão, a cultura digital já está presente em tudo aquilo que constitui o ambiente físico e biológico. Isso ocorre “por meio da sincronização entre os processos naturais concebidos para serem eficientes em seus próprios termos, como enxames” de abelhas e suas técnicas de comunicação, semelhantes ao “Wi-Fi”; e o conhecimento sistemático do que a diversidade planetária “oferece para construção de máquinas artificiais” (PARIKKA, 2015a). Inclua-se aí as soluções desenvolvidas para o agrossistema digital, como a AP, a IoT e as AgroTIC. Esclarecida desse modo a cultura digital pode ser entendida como parte e/ou extensão da diversidade ecossistêmica.

Sob um ponto de vista político-econômico mais amplo, isso até já está implícito na Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU-BR, 2015) — veja mais a esse respeito no Capítulo 2. Na declaração dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) – cidades e comunidades sustentáveis, redução das desigualdades, consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global do clima etc. –, os 193 países membros da entidade frisam que, entre outras áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta, o progresso tecnológico na Terra deve ocorrer em harmonia com o ecossistema. A atribuição dessa missão à tecnologia feita pela política e economia mundial, representativa do posicionamento dos quadros que compõem a ONU, torna-se ainda mais enfática na cena

artística, na qual já era defendida nos idos de 1968. Questão trazida de volta durante as manifestações e exposições realizadas durante a 32ª Bienal de São Paulo – Incerteza Viva (VOLZ e PRATES, 2016), como destaca o recorte a seguir tirado do catálogo da mostra artística paulistana:

Em 1969, o arquiteto, designer e inventor [entre outras coisas dos domos geodésicos] americano Richard Buckminster Fuller (1895-1983) escreveu o livro *Operating Manual for Spaceship Earth* [Manual de operação para a espaçonave Terra], no qual culpa a especialização, generalizadamente entendida na sociedade atual como chave para o sucesso, por impedir toda forma de pensamento abrangente. As poderosas ferramentas de pensamento que Buckminster Fuller sugere para combater os problemas mundiais são a riqueza física (energia), a riqueza metafísica (*know-how*) e a sinergia. “A riqueza como antientropia desenvolve juros compostos através da sinergia, cujo crescimento até agora não é levado em conta em todo o planeta em nenhum de seus sistemas político-econômicos.” A sinergia, na visão de Buckminster Fuller, é o comportamento de totalidades, não previsível pela atuação de suas partes. Transferir o conceito de sinergia para a cooperação social é a única maneira pela qual a sociedade poderá efetivamente superar o materialismo e a constante necessidade de mais recursos. Ele declara: “O universo é sinérgico. A vida é sinérgica”. Assim, quando Buckminster Fuller fala do *know-how* como riqueza metafísica essencial, está se referindo ao conhecimento profundo sobre a relação entre seres humanos e seu ambiente, e ao entendimento pleno de uma interconectividade global. E ele aponta para a essência da educação [nesse papel] (VOLZ e PRATES, 2016, p. 9-10).

Embora pareça utópica a possibilidade de se criar uma rede plena, profunda e sinérgica de atendimento (e entendimento) das necessidades existentes entre os humanos e o seu ambiente, conforme imaginado pela cena artística (VOLZ e PRATES, 2016), desde 2008 uma solução que pode ajudar a suportar isso vem sendo usada como alternativa para permitir trocas e operações comerciais justas pela internet sem o uso de moedas tradicionais (ALIMENTO, 1999-; GIGLIO, MALÓ e PARADISI, 2016). Trata-se aqui da utilização da DLT – *Distributed Ledger Technology*, ou tecnologia de registro distribuído numa tradução livre. Mais conhecida como *blockchain*, a DLT foi desenvolvida, primeiramente, para permitir a movimentação *on-line* de *bitcoins*, ou moedas virtuais. Mas por meio dela é possível, em tese, compartilhar informação digital de todo tipo, de modo seguro e transparente em diversos segmentos (agrário, fabril, ambiental, etnográfico, maquinico) e entre diversas partes envolvidas sem depender de intermediários (um governo, um contrato de usuário final) que aja como uma autoridade central.

As aplicações da DLT difeririam de acordo com os tipos de uso — financeiro, rural, logístico. Cada um deles com dinâmicas relacionais diferentes e criadas para atender uma gama diversificada de objetivos; mas que, devido às particularidades da cultura digital como relacionamentos cada vez mais impessoais, necessitam de rastreabilidade, horizontalidade e confiança para estabelecer novos modelos troca cognitiva. As transações (ou dinâmicas

relacionais) seriam gravadas em um repositório público à prova de fraudes, organizado em blocos cronológicos. Cada informação seria representada por um grupo único de caracteres (uma espécie de senha ou cadeado criptografado). Só as partes (pessoas, máquinas e uma miríade de outras coisas) vinculadas a esses acontecimentos ou modos de troca digital conseguiriam acessar o repositório público de informações, com transparência. Logicamente, o funcionamento da DLT exige (como já ocorre no campo das moedas virtuais) uma colaboração profunda entre os históricos e expectativas de cada setor e de todas as partes envolvidas nele – como no uso futuro pelo agrossistema e pelos produtores rurais –, o que agrega imensa complexidade à solução que ainda necessita de arranjos claros para operar (GIGLIO, MALÓ e PARADISI, 2016). Motivo que deve atrasar a disseminação e implementação plena da DLT no agrossistema digital, comparativamente ao uso já disseminado no mercado financeiro.

Mas a simples existência da DLT é uma amostra de como as tecnologias agrícolas emergentes (tema do Capítulo 3) poderiam incluir nos seus algoritmos um viés de confirmação que contemplasse também os interesses da condição humana e dos ecossistemas — antes de darem forma racional à fertilidade, à lotação, à adubação, à produtividade do solo para as culturas vegetais e às criações animais. Proporcionariam desse modo agrossistemas digitais aptos a seguir uma lógica relacional mais conectiva e colaborativa na tomada de decisão deles. E, acima de tudo, comprometidos com a conectividade global no campo, que só será alcançada com a ampla valorização dos coletivos inteligentes, o aprendizado dos conhecimentos necessários para integrar-se às tecnologias agrícolas e a confiança de que as redes digitais rurais são realmente necessárias e seguras. Uma possibilidade para isso ocorrer é que a IoT, a AP e as AgroTIC conciliem as expectativas dos usuários e dos fabricantes das tecnologias, por exemplo, favorecendo a cooperação em detrimento da competitividade. Uma prova de que isso é possível (e não utópico) pode ser vista no subcapítulo anterior na descrição do funcionamento na América no Norte do *Ag Data Transparency Evaluator* (AG DATA, 2017-).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta parte final do trabalho ressalta como a ubiquidade conectiva digital incentiva e premia lógicas relacionais agrícolas mais voltadas ao potencial de explorar os dados rurais – para usá-los como informação, conhecimento e ainda financeiramente – do que à habilidade de produzir alimentos. Faz isso até mercadologicamente no caso dos produtos agroecológicos certificados que são vendidos mais caros, da mesma forma que grifes de luxo. Em sintonia com a hipótese levantada no início da pesquisa, sustenta-se também que agrossistemas mais equitativos e sustentáveis são aqueles vinculados a modos de cognição distribuída tanto abduativos-indutivos (jardim doméstico, grupos WhatsApp) quanto dedutivos (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, fóruns on-line). Mas para que haja uma maior cooperação entre esses diversos modos de relações e trocas cognitivas no campo, agrossistemas tanto tradicionais quanto tecnificados precisam estabelecer redes plenas, profundas, confiáveis e sinérgicas de entendimento e atendimento das necessidades ecossistêmicas. Sobretudo os agrossistemas mais equitativos, os quais devem investir na transferência e extensão rural das aptidões necessárias para os agricultores integrar-se a eles de modo confiável, transparente e universal.

Maior cooperação entre os arranjos inteligentes que compõem a linguagem agrícola

O objetivo do trabalho ora consolidado foi o de esclarecer de que maneira diversas dinâmicas e elementos que fazem parte da linguagem agrícola (clima, solo, sementes, humanos, máquinas, conhecimentos) têm suas relações e trocas cognitivas afetadas pela ubiquidade conectiva do agrossistema digital. Conclui-se que há uma forte tendência por parte da cultura digital em incentivar ordens imaginadas que multipliquem a produtividade, não necessariamente de forma sustentável e descentralizada, em detrimento de uma lógica relacional mais educativa e distributiva de seus ganhos, os quais têm se mostrado mais informativos e financeiros do que alimentares no século XXI. Sintomas disso aparecem já na virada do século XX no processo de implantação das sementes transgênicas no campo, conforme discutido no Capítulo 2.

De fato, em outros momentos da história agrícola acontecimentos como esses já ocorreram – por exemplo, no desaparecimento da cultura Shaker a partir do século XIX e na *Dust Bowl* nos anos 1930, ambos nos Estados Unidos –, mas no agrossistema digital mesmo práticas consideradas sustentáveis, como uso do *big data* em tratores de última geração para dar maior racionalidade ao uso de insumos agrícolas, tendem a deixar de lado a transparência no compartilhamento de dados coletados nas propriedades rurais (SBIAGRO, 2017; CAMARGO,

2017b). Ignora-se que é mandatória a troca confiável de informação e conhecimento para que inovações se disseminem no campo de maneira bem-sucedida, sem que haja alteração da função concebida para elas por meio do desvio de circuito promovido pelo *hacktivismo* (GARNET e PARIKKA, 2016; KOEBLER, 2017). Isso já vem sendo sinalizado pela sociologia rural por meio da publicação de estudos de casos relacionados aos problemas enfrentados para transferir novas tecnologias ao campo (RYAN e GROSS, 1950; VEIGA, 2007).

Para uma melhor compreensão das contingências do agrossistema digital e até para superá-las deve haver maior cooperação entre os diversos modos de troca cognitiva da linguagem agrícola. De forma geral, até fortalece isso o fato de o agrossistema digital tornar-se cada vez mais calcado no uso e valorização do *big data* e na conectividade dos coletivos inteligentes, conforme visto nos Capítulos 3 e 4. Mas, particularmente, ainda falta uma formulação mais acessível e segura para o agrossistema digital, que incentive a extensão rural das habilidades dele a fim de distribuir transparentemente seus benefícios para o ecossistema como imaginado, por exemplo, por Nobre (2016). Bem como acesso fácil aos instrumentos, instituições, sistemas e técnicas complexas que requerem conhecimento especializado e formatos organizacionais intrincados de negociação (SASSEN, 2016).

Num momento em que a informação e o conhecimento passam a valer mais que alimentos ou até petróleo, este trabalho propõe alinhar os interesses do agrossistema digital às iniciativas defendidas pela Agenda 2030 (ONU-BR, 2015), calcadas no respeito à biosfera, no bem-estar das pessoas, na criação de parcerias confiáveis (como o comércio justo) e na manutenção da paz mundial. Esse alinhamento pode ser buscado por meio de configurações vistas nos Capítulos 2, 3 e 4 que valorizam a cognição distribuída — por exemplo: *Ag Data Transparency Evaluator*, plantio consorciado, cultura das sementes da paixão, agroecologia, agricultura urbana. Práticas que criam um campo de oportunidades para garantir a continuidade dos arranjos energéticos, sígnicos e materiais que integram, de forma singular, a agricultura e os ecossistemas.

Afinal, se o semioticamente real é uma continuação de tudo que existe nos ecossistemas, o equilíbrio ecossistêmico implica que tanto o agrossistema quanto a tecnosfera devem compartilhar suas autonomias com os recursos humanos, geológicos, atmosféricos conforme descrito por Jansen e Vellema (2011), Parikka (2015b), Di Felice (2017) entre outros autores — nem que seja só para cuidar dos rejeitos de difícil administração da tecnosfera (HAFF, 2014).

Isso requer modos de troca cognitiva muito mais transparentes, colaborativos e educativos em seus propósitos do que mais precisos ou exatos. Sobretudo, alicerçados na equitatividade, a fim de o agrossistema manter entre os seus parceiros (solo, culturas vegetais, criações, humanos) uma maior regularidade na distribuição da produtividade (CONWAY, 2003), indicador que a valorizada sustentabilidade deve perenizar por meio da manutenção de condições climáticas favoráveis e do mínimo impacto aos sistemas bióticos e abióticos da Terra.

É fato que só o desenvolvimento sustentável e equitativo não reverte problemas que vão muito além das mudanças climáticas e ecossistêmicas associadas à aceleração tecnológica mencionada no Capítulo 2. Até porque o próprio ecossistema, isoladamente, sempre estará sujeito a mudanças bruscas de um estado homeostático da Terra para outro, como ocorreu entre 3,8 bilhões e 2 bilhões de anos com impactos duradouros na atmosfera devido à elevação dos níveis de oxigênio (VEIGA, 2012) — saiba mais sobre isso consultando o Capítulo 1.

No entanto, diante da aceleração das mudanças geográficas e climáticas (ZALASIEWICZ et al., 2016), acredita-se que o risco de falência dos recursos ecossistêmicos e da própria espécie humana poderá ser mais bem manejado por meio da adoção de indicadores que não levem em conta só a produtividade, preponderante nas três revoluções agrícolas anteriores à 4ª Revolução Industrial (CONWAY, 2003; SCHWAB, 2017). Logo, vincular-se à equitatividade representa ao agrossistema digital incentivo similar ao que se tornou o fantasma malthusiano da fome, no século XX, para o sucesso da implantação das tecnologias em torno da Revolução Verde.

Parte da tecnosfera, o agrossistema digital continua dependente, portanto, dos processos ecossistêmicos da fotossíntese, do nitrogênio atmosférico, dos consumidores de alimentos e dos metais extraídos das terras raras que mantém as baterias de força dos equipamentos eletrônicos operantes. Acontecimentos vinculantes que esta pesquisa buscou deixar mais evidentes; ou seja: o quanto todos os modos de troca na Terra – entre os elementos vivos e inanimados, geológicos e digitais – são inseparáveis e estão impregnados uns dos outros.

Pesquisas futuras

Oportunamente seria interessante desenvolver pesquisa tecnográfica presencial e participativa junto a produtores que, embora pratiquem linguagem agrícola diferente, incentivam modos de cognição distribuída. Por exemplo: acompanhar o grupo de agricultores na Paraíba que promove a cultura das sementes da paixão (de milho entre outros grãos), incentivando a

manutenção da biodiversidade e da rotação de culturas (ver Capítulo 2); e o cultivo vegetal em galpões fabris abandonados em regiões urbanas, como realizado pela Gotham Greens em Nova York, onde em ecossistemas de clima controlado se produz verduras mercadologicamente valorizadas por supermercados, restaurantes e consumidores da vizinhança metropolitana (ver Capítulo 3).

O desenvolvimento de uma pesquisa conjunta entre esses dois grupos de agricultores permitiria explorar possibilidades consorciadas de *fair trade* que incentivem complementaridades de tipos diferentes de linguagem agrícola por meio do agrossistema digital. Ou seja: promover o comércio justo de alimentos favorecidos pelo agronegócio – como cereais, mas produzidos no sistema agroecológico da cultura das sementes da paixão –, em mercado consumidor de economia rica que aceita pagar preço de varejo mais alto por alimentos sustentáveis certificados mercadologicamente, como já explorado pela Gotham Greens.

Acredita-se que além da descrição mais apurada da configuração desses dois tipos de linguagem agrícola, uma vez consolidada no futuro a pesquisa tecnográfica proposta poderia resultar numa nova plataforma digital ou algoritmo de cognição distribuída para ser difundido no campo e na cidade, a fim de proporcionar uma maior integração da agricultura familiar ao restante da cadeia produtiva do setor (logística, comércio). Especialmente entre comunidades ou empresas que praticam a agroecologia. Um trabalho concebido nesses moldes ainda possibilitaria testar no meio rural as potencialidades de tecnologias digitais como a DLT (*Distributed Ledger Technology*), citada sumariamente no Capítulo 4. Pode resultar, finalmente, numa plataforma para trocas comerciais transparentes, confiáveis e livres da presença de uma autoridade central, em consonância com as características ecossistêmicas.

REFERÊNCIAS

AG DATA Transparent. Indianapolis: Ag Data Transparency Evaluator, Inc., 2017-. Site. Disponível em: <<https://www.agdatatransparent.com>>. Acesso: 03 jun. 2018.

AGRICULTORES da PB usam sementes crioulas de variedades tradicionais que resistem à seca. Direção: Cesar Dassie. Brasil: Globo Rural, 2014. TV (14 min). Disponível em: <<http://bit.ly/2smCt0g>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

AIZAWA, Mauricio. *Tecnologia aplicada*. Revisão Técnica de Alessandro Mancio de Camargo. São Paulo: Senac, 2016. Série Universitária.

ALIMENTO Seguro: CT&I. Porto Feliz: EiraCom, 1999-. Diário. Editoria/Tag Cloud. Disponível em: <<http://www.alimentoseguro.com.br/tagged/ct&i>>. Acesso em: 29 maio 2018.

ALMEIDA, Gustavo; BIAZON, Tássia. Conceito em disputa, agroecologia atribui pesos equivalentes aos aspectos econômicos, sociais e ambientais da produção. *ComCiência*, Unicamp, Campinas, n. 182, 10 out. 2016. Disponível em: <<http://bit.ly/2IZNsUt>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

AMISH: A Secret Life. Direção: Lynn Alleway. Reino Unido: BBC, 2012. TV (60 min).

AMORIM, Fernando Rodrigues de; PATINO, Marco Túlio Ospina; ABREU, P.A. La Génesis y la búsqueda de un concepto único de la agroecología. *Delos: Desarrollo Local Sostenible*, Malaga, v. 10, n. 29, p.1-13, jun. 2017.

AS-PTA: agricultura familiar e agroecologia. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1983-. Diário. Disponível em: <<http://bit.ly/2kDfsJw>>. Acesso em 01 jun. 2018.

ASSAD, Eduardo Delgado. Mudanças climáticas e impactos na agropecuária brasileira: vulnerabilidade, mitigação e adaptação. In: Congresso Latino Americano de Nutrição Animal - CLANA, 6, 2014, São Pedro. *Anais...* São Pedro: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), 2014. Disponível em: <<http://bit.ly/2LJLTmN>>. Acesso em: 24 set. 2017.

AZEVEDO, Elaine de. *Alimentos orgânicos: ampliando os conceitos de saúde humana, ambiental e social*. São Paulo: Senac, 2012.

BADIOU, Alain. *O Ser e o Evento*. São Paulo: Zahar, 1996.

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. São Paulo: Editora 34, 2011.

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos et al. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014.

BÍBLIA. Português. *Bíblia sagrada*. Tradução do Centro Bíblico de São Paulo. 3 ed. São Paulo: Editora Ave Maria, 1961.

BOBBIO, Norberto; MATTEUCCI, Nicola; PASQUINO, Gianfranco. *Dicionário de política*. Brasília: Edunb, 1992.

BOSTRON, Nick. Ethical issues in advanced artificial intelligence. *Cognitive, Emotive and Ethical Aspects of Decision Making in Humans and in Artificial Intelligence*, Institute of Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics, Oxford (UK), v. 2, p. 12-17, 2003. Disponível em: <<http://bit.ly/2kzImUw>>. Acesso em: 25 set. 2017.

_____. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Nova York, NY: Oxford, 2016.

BRASIL. *Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e Ministério da Ciência do Brasil, 2017. Estudo Técnico. Disponível em: <<http://bit.ly/2LJOmGD>>. Acesso em: 22 set. 2017.

BRYANT, Levi R. *Onto-Cartography: an ontology of machines and media*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2014.

BRYNJOLFSSON, Erik; McAFFEE, Andrew. *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Nova York, NY: W. W. Norton & Company, 2014.

BUAINAIN, Antônio Márcio et al. (Eds.). *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola*. Brasília: Embrapa, 2014.

_____; BONACELLI, Maria Beatriz Machado; MENDES, Cássia Isabel Costa (Orgs.). *Propriedade intelectual e inovações na agricultura*. Brasília/Rio de Janeiro: CNP, FAPERJ, INCT / PPEd, IdeiaD, 2015.

_____; GARCIA, Junior Ruiz; VIEIRA, Pedro Abel. O desafio alimentar no século XXI. *Estudos Sociedade e Agricultura*, CPDA - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 498-522, out. 2016.

BUNGE, Jacob. Tecnologia do “big data” chega à lavoura e semeia desconfiança. *Valor Econômico*, São Paulo, 27 fev. 2014. Opinião.

CAMARGO, Alessandro Mancio de. *Sociedade em rede: comunicação científica na nova mídia*. Curitiba: Appris, 2016a.

_____. A agricultura inteligente na ecologia midiática. *Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, TIDD - PUC-SP, São Paulo, n. 13, p. 78-92, jan./jun. 2016b.

_____. Dust Bowl. *TransObjeto*, São Paulo, 30 jun. 2017a. Blog. Disponível em: <<https://transobjeto.wordpress.com/2017/06/30/dust-bowl/>>. Acesso em: 28 maio 2018.

_____. Modos de troca cognitiva no agrossistema digital. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA - SBI Agro, 11, 2017b, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017b. p. 753-762.

_____ et al. Agricultura Orgânica - de volta às origens. *ComCiência*, Unicamp, Campinas, n. 7, p. 1-12, 2000. Disponível em: <<https://goo.gl/Wgv0rx>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

CAMPBELL, Joseph. *As transformações dos mitos através do tempo*. São Paulo: Cultrix, 1992.

CARDOZO, Marlene (Org.). *Manual para apresentação de trabalhos acadêmicos da PUC-SP*. São Paulo: Biblioteca Nadir Gouvêa Kfoury, 2018. Manual técnico.

CARMO, Ricardo Santos do; NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI, Charbel Niño. Gaia é a teoria de um planeta vivo? In: VEIGA, José Eli da (Org.). *Gaia: do mito a ciência*. São Paulo: Senac, p. 21-98, 2012.

CARVALHO, Luciana Marques de; MICHEREFF F., Miguel. *Efeito da consorciação do tomateiro com plantas aromáticas na produtividade*. Aracaju: Embrapa - Tabuleiros Costeiros, 2009, n. 50. Boletim de Pesquisa.

CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede – A era da informação: economia, sociedade e cultura*. v. 1. 9 ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2006a.

CEBALLOS, Gerardo et al. Accelerated modern human induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, American Association for the Advancement of Science - AAAS, Washington, v. 1, n. 5, ed. 1400253, 19 de junho 2015.

CHOMSKY, Noam. *A ciência da linguagem: conversas com James McGilvray*. Editora Unesp: São Paulo, 2014.

COLLIER, Marcus J.; DEVITT, Catherine. Novel ecosystems: Challenges and opportunities for the Anthropocene. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, v. 3, n. 3, p. 231-242, 2016.

CONSERVAÇÃO de variedades crioulas no semiárido. Direção: Amaury Santos et al. Brasil: Embrapa, 2014. YouTube (44 min). Disponível em: <<https://youtu.be/iMF7XbefzXg>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

CONWAY, Gordon. *Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente*. São Paulo: Estação Liberdade, 2003.

CREASE, Robert P. *As grandes equações: a história das fórmulas matemáticas mais importantes e os cientistas que as criaram*. Tradução de Alexandre Cherman. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

CRISPR & NBT: AgBio Congress. 2, 2018, San Diego (EUA). *Congresso...* San Diego: Hanson Wade, 29-31 mai. 2018. Site. Disponível em: <<http://crispr-agbio.com>>. Acesso em: 29 maio 2018.

CRUTZEN, Paul J.; STOERMER, Eugene F. *The “Anthropocene”*. Durhan: The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), 2000, n. 41, p. 17-18. Newsletter. Disponível em: <<http://bit.ly/2splWJ6>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

CUNHA, Flavia Londres. *Sementes da paixão e as políticas públicas de distribuição de sementes na Paraíba*. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

DEERE, John. *The operation, care, and repair of farm machinery*. 9 ed. Moline: John Deere, 1935.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *Mil Platôs*. São Paulo: Editora 34, 2000.

DEL RÍO, M. L. et al. *Impacts of fair trade-certified coffee in Nicaragua, Brazil, Honduras, and Peru: implications for livelihoods and empowerment of farm workers and independent smallholder producers*. Cali: International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2017. n. 40. Relatório técnico.

DERRIDA, Jacques. *Gramatologia*. São Paulo: Perspectiva, 1973.

DI FELICE, Massimo; TORRES, Juliana Cutelo; YANAZE, Leandro Key Higuchi. *Redes digitais e sustentabilidade: as interações com o meio ambiente na era da informação*. São Paulo: Annablume, 2012.

_____. *Net-ativismo: da ação social para o ato conectivo*. São Paulo: Paulus, 2017.

DREIFUS, Claudia. What did neanderthals leave to modern humans? Some surprises. A conversation with John Anthony Capra. *The New York Times*, Nova York, 20 jan. 2017. Science. Disponível em: <<https://nyti.ms/2La5Ivb>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

DRETSKE, Fred. I think I think, therefore I am... I think: skeptical doubts about self knowledge. In: *Mente, Percepção e Conhecimento — Conferências do Prof. Fred Dretske (Professor Emérito da Stanford University)*, 9-10 nov. 2010, Curitiba, PR. *Conferência...* Curitiba: UFPR, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, 2010a.

_____. What we see: the texture of conscious experience. In: *Mente, Percepção e Conhecimento — Conferências do Prof. Fred Dretske (Professor Emérito da Stanford University)*, 9-10 nov. 2010, Curitiba, PR. *Conferência...* Curitiba: UFPR, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, 2010b.

DUNBAR, Robin Ian MacDonald. *Grooming, gossip and the evolution of language*. Londres: Faber and Faber, 1997.

FAO. *The state of food and agriculture: agricultural biotechnology*. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO), 2003-2004. Relatório Anual.

_____. *The state of food and agriculture: innovation in family farming*. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO), 2014. Relatório Anual.

FERRARI, Fabrício; CECHINEL, Cristian. *Introdução a algoritmos e programação*. Bagé: Universidade Federal do Pampa, 2008. Apostila didática.

FOLHA. *Muito além da Amazônia*. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 30 maio 2017. Editorial. Disponível em: <<http://bit.ly/2xupUpA>>. Acesso em 01 jun. 2018.

FRAGALE, Edilson; SILVA, Joana. Agricultura inteligente inspira os 30 anos da Embrapa Instrumentação. *Embrapa*, São Carlos, 14 nov. 2014. Notícia. Disponível em: <<http://bit.ly/2L4s6WT>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

FRANCO, Juliana Rocha; BORGES, Priscila Monteiro. O real na filosofia de C. S. Peirce. *Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, TIDD - PUC-SP, São Paulo, n. 12, p. 66-91, jul./dez. 2015.

GALA, Adelino de Castro Oliveira Simões. *Confrontações entre máquinas físicas, máquinas semióticas e máquinas ontológicas*. São Paulo, 2016, 157 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação do Departamento de Tecnologias da Inteligência e Design Digital, PUC-SP, 2016.

GARNET, Hertz; PARIKKA, Jussi. Mídia zumbi: desvio de circuito da arqueologia da mídia para um método de arte. Tradução de Alessandro Mancio de Camargo. *Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, TIDD, PUC-SP, São Paulo, n. 14, p. 98-113, jul-dez. 2016.

GFAR. *WhatsApp for Agriculture*: Digital Farming highlights the need for Digital Agriculture Extension. Updates from the Global Forum on Agricultural Research (GFAR), 8 dez. 2016. Blog. Disponível em: <<http://bit.ly/2H6bxXY>>. Acesso em: 30 maio 2018.

GFFA. The Global Forum for Food and Agriculture (GFFA), 11, 2018, Berlim, Germany. *Anais...* Berlin: Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL), GFFA Berlin e.V., Senate of Berlin and Messe Berlin GmbH, 2018.

GIGLIO, Fernando; MALÓ, Pedro; PARADISI, Alberto. IoT Transversal. In: Internet das Coisas e suas implicações na agricultura digital, 1, 2016, Campinas, SP. *Painel...* Campinas: Observatório de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na Agricultura, Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa – Agropensa, 2016.

GILLER, Ken; VEN, Gerrie van de; LOVENSTEIN, Harrie. *Food security and sustainability: crop production (XSeries)*. Wageningen: Wageningen University / edX (Harvard University/MIT), 13 jun. 2017 / 1 fev. 2018. Massive Open Online Course (MOOC).

GITELMAN, Lisa. The envelope and the seed, or, the postal conditions of horticulture. In: Simpósio A Vida Secreta dos Objetos: Ecologias da Mídia, 2, 03 ago. 2015, São Paulo, SP. *Simpósio...* São Paulo: Fapesp, PUC-SP, TransObjeto, Sociotramas, 2015.

GLEISER, Marcelo. *A ilha do conhecimento: os limites da ciência e a busca por sentido*. Rio de Janeiro: Record, 2014.

GONZALEZ, Maria Eunice Quilici; NASCIMENTO, Thiago Carreira Alves; HASELAGER, Willen F. G. Informação e conhecimento: notas para uma taxonomia da informação. In: A. Ferreira, M.E.Q. Gonzalez & J.G. Coelho (Eds.). *Encontros com as Ciências Cognitivas*, v. 4. São Paulo: Coleção Estudos Cognitivos, 2004, p. 195-220.

GUATTARI, Félix. *As três ecologias*. 11 ed. Campinas: Papyrus, 2001.

GUIVANT, Julia S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. *Estudos Sociedade e Agricultura*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 16, p. 95-112, abr. 2001.

HAFF, Peter K. Technology as a geological phenomenon: implications for human well-being. In: WATERS, C. N. et al. (Eds). *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. Londres: Geological Society, Special Publications, 395, 2013. Disponível em: <<http://bit.ly/2IVEprQ>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

_____. Humans and technology in the Anthropocene: Six rules. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, v. 1, n. 2, p. 126–136, 2014.

HARARI, Yuval Noah. *Sapiens: uma breve história da humanidade*. Tradução de Janaína Marcoantonio. 4 ed. Porto Alegre: LP&M, 2015.

HARAWAY, Donna. Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin. *Environmental Humanities*, Duke, Durham, v. 6, p. 159-165, 2015.

HOMERO. *Odisséia*. Adaptação, apresentação e notas de Paulo Sérgio de Vasconcellos. São Paulo: Objetivo, 1998.

IBRI, Ivo Assad. *Kosmos Noetos: a arquitetura metafísica de Charles S. Peirce*. São Paulo: Perspectiva / Hólon, 1992.

ILPF: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Brasil: Rede ILPF, Embrapa et al., 2012-. Diário. Disponível em: <<http://bit.ly/2kIghKW>>. Acesso em 01 jun. 2018.

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Eira Com Comunicação Eireli - EPP (Porto Feliz, SP). *Alimento Seguro*. Certificado de registro de marca: processo nº 821677551, 1999-2025.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO/TMB/WG/SR, n. 157, *ISO/CD 26000*, 12 dez. 2008. Disponível em: <<http://www.iso.org/sr>>. Acesso em: 13 out. 2017.

JANSEN, K.; VELLEMA, S. What is technography? *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, Wageningen, n. 57, p. 169–177, 2011.

KOEBLER, Jason. Why american farmers are hacking their tractors with ukrainian firmware. *Motherboard*, Nova York, 21 mar. 2017. Vice. Disponível em: <<http://bit.ly/2J0l8BC>>. Acesso em: 7 maio 2017.

KURZWEIL, Ray. *The singularity is near: when humans transcend biology*. Londres: Penguin, 2005. Disponível em: <<http://bit.ly/2skHdo3>>. Acesso em: 25 set. 2017.

LATOUR, Bruno. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Unesp, 2000.

LEMO, Renata. *De ars sublime infinitis minimo: sobre o sublime nanotecnológico*. São Paulo, 2012, 183 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação do Departamento de Comunicação e Semiótica, PUC-SP, 2012.

LÉVÊQUE, Christian. *Ecologia: do ecossistema à biosfera*. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. 2 ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LOGAN, Robert K. *O que é informação? A propagação da organização na biosfera, na simbiosfera, na tecnosfera e na ecosfera*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

LOPES, Reinaldo José. Antigos indígenas moldaram a Amazônia. *Folha de S.Paulo*, p. B5, 03 mar. 2017. Ciência + Saúde. Edição nacional.

LOVEJOY, Thomas. *Um ponto se retorno*. Folha de S.Paulo, São Paulo, 28 maio 2017. Opinião. Disponível em: <<http://bit.ly/2Haq3hy>>. Acesso em 01 jun. 2018.

LOWENTHAL, David. Origins of Anthropocene awareness. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, v. 3, n. 1, p. 52-63, 2016.

MACGREGOR, Neil. *A história do mundo em 100 objetos*. Rio de Janeiro: Simpíssimo Livros, 2013. E-book.

MANNING, Russell Re. (Ed.). *50 conceitos e crenças fundamentais explicados de forma clara e rápida*. São Paulo: Publifolha, 2016.

MANYIKA, James et. al. *Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and the global economy*. Washington: McKinsey Global Institute, maio. 2013. Relatório técnico.

MARGOLIS, Joseph. Information, Artificial Intelligence, and the Praxical. In: MITCHAM, C., HUNING, A. (Eds.). *Philosophy and Technology II*, Nova York, Boston Studies in the Philosophy of Science, Springer, v. 90, p. 171-186, 1986.

MARSH, George Perkin. *Man and Nature; or, Physical geography as modified by human action*. Nova York, NY: Charles Scribner, 1864. Disponível em: <<https://archive.org/details/manandnatureorp00marsgoog>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. *Tecnologia da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília: Embrapa, 2014.

MATTAR, Fauze Najib. *Pesquisa de Marketing*. São Paulo: Elsevier, 2014.

MATTHEWS, Wendy. Humans and fire: changing relations in early agricultural and built environments in the Zagros, Iran, Iraq. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, v. 3, n. 2, p. 107-139, 2016.

MATTOS, Luciano (Coord.). *Marco referencial em agroecologia*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MCLUHAN, Marshall. *The medium is the message*. Middlesex: Penguin, 1967.

MENONITAS do Paraguai. Direção: Gerson de Souza. Brasil: Record, 2013. TV (11 min). Disponível em: <<http://bit.ly/2ss5PdH>>. Acesso em: 29 maio 2018.

MERCIER, Hugo; SPERBER, Dan. Why do human reason? Arguments for an argumentative theory. *Behavioral and Brain Sciences*, Cambridge, v. 34, n. 02, p. 57-74, 2011.

_____; _____. *The Enigma of Reason*. Londres: Penguin, 2017.

MITCHAM, C., HUNING, A. (Eds.). *Philosophy and Technology II*, Nova York, Boston Studies in the Philosophy of Science, Springer, v. 90, p. 171-186, 1986.

MOHAMMED, Jahangir. Surprise: Agriculture is doing more with IoT Innovation than most other industries. VentureBeat (VB), 7 dez. 2014. Site. Disponível em: <<http://bit.ly/2H4hfd>>. Acesso em: 22 set. 2017.

NELKIN, Dorothy. *Selling Science: how the press covers science and technology*. Nova York, NY: W.H. Freeman and Company, 1995.

NEWMAN, Mark; BARABÁSI, Albert-László; WATTS, Duncan J. (Eds.). *The Structure and Dynamics of Networks*. Nova Jersey: Princeton, 2006.

NILSSON, Nils J. Human-Level Artificial Intelligence? Be Serious! *AI Magazine*, Palo Alto, v. 26, n. 4, p. 68-75, 2005. Disponível em: <<https://stanford.io/2JfoHXY>>. Acesso em: 25 set. 2017.

NOBRE, Carlos A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, Washington, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 27 set. 2016.

NÖTH, Winfried. Charles S. Peirce's Theory of Information: A Theory of the Growth of Symbols and of Knowledge. *Cybernetics and Human Knowing*, Copenhagen, v. 19, n. 1-2, p. 137-161, 2012. Disponível em: <<http://bit.ly/2JdLF1J>>. Acesso em: 30 maio 2018.

_____; GAZONI, Ricardo; CESTARI, Guilherme. Tradução comentada de Máquinas Lógicas de Charles Sanders Peirce. *Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, TIDD - PUC-SP, São Paulo, n. 10, p. 20-47, jul-dez. 2014.

_____; GURICK, Amaral. A Teoria da informação de Charles S. Peirce. *Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, TIDD - PUC-SP, São Paulo, n. 5, p. 4-29, 2011.

OCDE. *The knowledge-based economy*. Paris: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), 1996, n. 102. Relatório técnico.

OLIVEIRA, Sonia Maria Barros de. A intrincada relação entre clima e vida na história da Terra. In: VEIGA, José Eli da (Org.). *Gaia: do mito a ciência*. São Paulo: Senac, 2012, p. 99-138.

ONU-BR: Agenda 2030. Nações Unidas no Brasil, 2015. Site. Disponível em: <<http://bit.ly/2J2Ar0v>>. Acesso em 01 jun. 2018.

OXFORD. Word of the Year 2016 is post-truth. Oxford Dictionaries, Oxford, 2016. Site. Disponível em: <<http://bit.ly/2J3Lz9m>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

PACHECO, Maria Emília Lisboa; FERNANDES, Gabriel B. (Orgs.). Mesa de controvérsias sobre transgênicos. In: Mesa de controvérsias sobre transgênicos, 11-12 jul. 2013, Brasília, DF. *Mesa...* Brasília: Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – Consea, 2013.

PAINÉ, Laura. Hands to work, hearts to God: the story of the Shaker seed industry. *HortTechnology*, Virgínia, 3(4), p. 375-382, out./dez. 1993.

PARIKKA, Jussi. The Geology of Media. *The Atlantic*, Boston, 11 out. 2013. The Atlantic Monthly Group. Disponível em: <<https://theatlntn.tc/2IYIpaW>>, Acesso em: 29 mai. 2018.

_____. Media Archaeology Out of Nature. Entrevista para Paul Feigelfeld. *Journal e-flux*, Nova York, NY, n. 62, fev. 2015a. Disponível em: <<http://bit.ly/2J5VU4D>>. Acesso em: 29 mai. 2018.

_____. Media materiality and the connections between media technologies and mineral resources. In: Simpósio A Vida Secreta dos Objetos: Ecologias da Mídia, 2, 03 ago. 2015, São Paulo, SP. *Simpósio...* São Paulo: Fapesp / PUC-SP / TransObjeto / Sociotramas, 2015b.

PARKER, Geoffrey (ed.). *Atlas da história do mundo*. São Paulo: Folha. S.Paulo, 1995.

PEDRO, Antonio. *História moderna e contemporânea*. São Paulo: Moderna, 1985.

PETRONIO, Rodrigo. Lucia Santaella demonstra a urgência de pensarmos o mundo com base em novas tecnologias. *O Estado de S.Paulo*, São Paulo, 2014. Cultura. Disponível em: <<http://bit.ly/2IY1sCr>>. Acesso em: 24 out. 2014.

PHILIPPSBORN, Henry E. *Glossário de termos da agropecuária*. São Paulo: Basf, 1994.

PINOCHET, Luis. *Tecnologia da informação e comunicação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

PIRES, Jorge. Teorias da Complexidade (Cap. 4). In: SANTAELLA, Lucia; VIEIRA, Jorge de Albuquerque. *Metaciência como guia de pesquisa: uma proposta semiótica e sistêmica*. São Paulo: Editora Mérito, 2008, p. 47-54.

PROJECT, The Centenary. *Lucy to Language: the archaeology of the social brain*. Londres: British Academy Centenary Research, 2003-2010. Sumário.

PURI, Viraj. *Gotham Greens - guest: co-founder and CEO Viraj Puri*. [mar. 2018]. Entrevistador: Dickson Despommier e Vincent Racaniello. Nova York, NY: MicrobeTV, n. 29, 2018. 1 Podcast (39 min). Disponível em: <<http://microbe.tv/urbanag>>. Acesso em: 01 maio de 2018.

REBELO, Mauro. A Terra muda. Os organismos mudam. Os organismos mudam a Terra. A Terra muda. In: VEIGA, José Eli da (Org.). *Gaia: do mito a ciência*. São Paulo: Senac, 2012, p. 139-172.

RIBEIRO, Maurício Andrés. *Meio ambiente & Evolução humana*. São Paulo: Senac, 2013.

ROCHA, Francisco Eduardo de Castro et al. *Modelo lógico da transferência de tecnologia no contexto da avaliação de programas*. Brasília: Embrapa, 2016.

ROSEN, Emanuel. *The anatomy of buzz revisited: real-life lessons in world-of-mouth marketing*. Nova York, NY: Doubleday, 2009.

ROSSI, Amanda. Como o WhatsApp mobilizou caminhoneiros, driblou governo e pode impactar eleições. BBC Brasil, 02 jun. 2018. Site. Disponível em: <www.bbc.com/portuguese/brasil-44325458>. Acesso em: 04 jun. 2018.

RYAN, Bryce; GROSS, Neal. *Acceptance and diffusion of hybrid corn seed in two Iowa communities*. Iowa: Iowa State College of Agriculture and Mechanic Arts, jan. 1950, n. 372. Boletim de Pesquisa.

SANTAELLA, Lucia. A new causality for the understanding of the living. *Semiotica*, ed. 127-1/4, p. 497-519, 1999.

_____. *Comunicação & Pesquisa*, 2 ed. São Paulo: Hacker, 2002.

_____. *Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura*. São Paulo: Paulus, 2003.

_____. Um método anticartesiano. In: _____. *O método anti-cartesiano de C. S. Peirce*. São Paulo: Unesp/Fapesp, 2004, p. 29-75.

_____. Sinequismo e onipresença da semiose. *Cognitio*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 141-149, jan./jun. 2007.

_____. A semiosfera como síntese entre a fisio, bio, eco e tecnosferas. In: SILVA, Alexandre Rocha da; OLIVEIRA, Regiane Miranda de (Orgs.). *Semiótica da Comunicação*. São Paulo: Intercom, v. 10, p. 42-63, 2013a. Coleção Grupos de Pesquisa.

_____. *Comunicação ubíqua: Repercussões na cultura e na educação*. São Paulo: Paulus, 2013b.

_____. A grande aceleração & o campo comunicacional. *Intexto*, UFRGS, Porto Alegre, n. 34, p. 46-59, set./dez. 2015.

_____. Natureza e cultura. *Revista Observatório Itaú Cultural: OIC*, São Paulo, Itaú Cultural, n. 19, nov. 2015/maio 2016. Versão digital.

_____. et. al. Desvelando a Internet das Coisas. *Geminis*, UFSCar, São Carlos, v. 1, n. 2, Ano 4, p. 19-32, 2013c.

_____. (Org.). *Cidades inteligentes: por que, para quem?*. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016.

_____.; FELINTO, Erick. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo: Paulus, 2012.

_____; NÖTH, Winfried. *Comunicação e Semiótica*. São Paulo: Hacker Editores, 2004.

_____; VIEIRA, Jorge de Albuquerque. *Metaciência como guia de pesquisa: uma proposta semiótica e sistêmica*. São Paulo: Editora Mérito, 2008.

SANTIBÁÑEZ, Cristián. Teoria da argumentação como epistemologia aplicada. Tradução de Alexandre Marques Silva. *EID&A – Revista Eletrônica de Estudos Integrados em Discurso e Argumentação*, Ilhéus, n. 8, p. 236-265, jun.2015. Disponível em: <<http://bit.ly/2J3pHeq>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SANTISO, Javier. Crises financeira digitais. *Valor Econômico*, São Paulo, 22 ago. 2013. Opinião. Disponível em: <<http://bit.ly/2IZGwuQ>>. Acesso em: 18 abr. 2014.

SARAIVA, Jacilio. Campo de dados. *Valor Econômico*, São Paulo, p. G1, 29 mar. 2018. Suplemento Pequenas e Médias Empresas.

SASSEN, Saskia. *Expulsões: brutalidade e complexidade na economia global*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

SBIAGRO. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA - SBIAgro, 11, 2017, Campinas, SP. *Anais...* Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2017.

SCHWAB, Charles. *The Fourth Industrial Revolution*. Nova York, NY: Crown Business, 2017.

SEBRAE. O que é Fair Trade (Comércio Justo). Sebrae Nacional, 07 jan. 2016. Site. Disponível em: <<http://bit.ly/2slee3A>>. Acesso em: 30 maio 2018.

SHANNON, Claude E.; WEAVER, Warren. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois, 1963.

SILVA, Carlos Eduardo Lins da. Cinco décadas de consciência ecológica. *Pesquisa Fapesp: divulgação científica*, São Paulo, ed. 202, p. 84-85, dez. 2012.

SIMONTI, Corinne N. et al. The phenotypic legacy of admixture between modern humans and Neandertals. *Science*, Washington, 351 (6274), p. 737-741, 2016.

STEFFEN, Will et al. The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, 2015, v. 2, n. 1, p. 81-98, 2015.

STYRING, Amy K. et. al. Disentangling the effect of farming practice from aridity on crop stable isotope values: a present-day model from Morocco and its application to early farming sites in the eastern Mediterranean. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, v. 3, n. 1, p. 2-22, 2016.

SUNDMAE, H. et al. Internet of food and farm 2020. In: VERMESAN, Ovidiu; FRIESS, Peter (Eds.). *Digitising the industry: internet of things connecting the physical, digital and virtual worlds*. Gistrup: River Publishers, v.49, 2016, p. 129-150. Series in Communications. eBook.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, ESA - Ecological Society of America, Washington, v. 16, n. 3, p. 284-307, jul. 1935. Disponível em: <<http://bit.ly/2xuvwjB>>. Acesso em: 30 maio 2018.

TIAGO, Ediane. Informação é hoje insumo essencial para o agronegócio. *Valor Econômico*, São Paulo, p. F6, 29 mar. 2018. Suplemento Negócios Conectados.

TRANSOBJETO. *Confrontos entre o realismo especulativo e o realismo peirceano*. Grupo de Pesquisa TransObjeto, PUC-SP, São Paulo, 2013-. Blog. Disponível em: <<https://transobjeto.wordpress.com>>. Acesso em: 28 maio 2018.

VALENTE, Thomas W.; THESENVITZ, Jodi; LOMBARDO, Anthony. *Mass and Interpersonal Communication: buzz for behaviour change*. Ontario: OHPE - Ontario Health Promotion, 17 nov. 1996, n. 490. Boletim.

VAN DIJK, Jan A. G. M. *The Network Society: social aspects of new media*. 2 ed. Thousand Oaks: Sage, 2009.

VARELA, Dráuzio. Glúten, lactose e outras modas. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 04 fev. 2017. Ilustrada. Disponível em: <<http://bit.ly/2J1ezmx>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

VASCONCELLOS, Pérola de Castro. *Meio ambiente e química*. São Paulo: Senac, 2013.

VEIGA, José Eli da (Org.). *Transgênicos: sementes da discórdia*. São Paulo: Senac, 2007.

_____. (Org.). *Gaia: do mito a ciência*. São Paulo: Senac, 2012.

VERMESAN, Ovidiu; FRIESS, Peter (Eds.). *Digitising the industry: internet of things connecting the physical, digital and virtual worlds*. Gistrup: River Publishers, v.49, 2016. Series in Communications. eBook.

VIANA, Rodrigo Bahia de C. *Gestão da tecnologia e inovação*. Revisão Técnica de Alessandro Mancio de Camargo. São Paulo: Senac, 2017. Série Universitária.

VIEIRA, Jorge de Albuquerque. Organização e Sistemas. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 11-24, 2000.

_____. *Ciência – formas de conhecimento: arte e ciência, uma visão a partir da complexidade*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2007.

_____. *Ontologia sistêmica e complexidade: formas de conhecimento – arte e ciência uma visão a partir da complexidade*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2008.

_____. *O universo complexo e outros ensaios*. Rio de Janeiro: Rizoma, 2015.

VIVIANO, Frank. A tiny country feeds the world. *National Geographic*, Washington, v. 232, n. 3, p. 82-109, set.2017.

VOLZ, Jochen; PRATES, Valquíria (Orgs.). *Incerteza viva: processos artísticos e pedagógicos – 32ª Bienal de São Paulo*. São Paulo: Fundação Bienal de São Paulo, 2016.

WAGNER, Saionara Araújo (Org.). *Métodos de Comunicação e participação nas atividades de extensão rural*. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

WATSON, Richard Watson. *Future files: a brief history of the next 50 years*. Londres: Nicholas Brealye, 2010

WCED – World Commission on Environment and Development. *Our common future*. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WEF. *Watch the highlights - A Journey of Discovery with Erik Brynjolfsson*. Davos: World Economic Forum (WEF), 2014. Anual. Disponível em: <<http://bit.ly/2sr5GHL>>. Acesso em: 30 maio 2018.

WEF. *Deep Shift: Technology Tipping Points and Societal Impact*. Davos: Davos: World Economic Forum (WEF), set. 2015. Relatório de pesquisa. Disponível em: <<http://bit.ly/2svExDA>>. Acesso em: 30 maio 2018.

WITMARSUM: O Brasil dos menonitas. Direção: Camila Guebur et al. Produção: Viviane Claasen. Roteiro: Marina Massote. Orientação: Eliane Fátima Corti Basso. Brasil: Universidade Anhembi Morumbi, 2009. 3 vídeos YouTube (35 min).

WOLFE, Tom. *O reino da fala*. Rio de Janeiro: Rocco, 2017.

WORSTER, Donald. *Dust Bowl: the southern plains in the 1930s*. Nova York, NY: Oxford, 2004.

ZAIA, Cristiano et al. Agronegócio dá sinais de retomada, mas o risco de faltar alimentos permanece. *Valor Econômico*, São Paulo, p. A4, 30-31 maio 2018. Brasil.

ZALASIEWICZ, Jan et al. The technofossil record of human. *The Anthropocene Review*, Sage, Thousand Oaks, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2014.

_____. *Anthropocene Working Group (AWG)*. Leicester: University of Leicester, Press Office, 29 ago. 2016. Nota de imprensa. Disponível em: <<http://bit.ly/2IXCNOh>>. Acesso em: 4 abr. 2017.