

## **Neurobiologia das plantas: uma perspectiva interespecífica sobre o debate**

**Guilherme Henriques Soares<sup>9</sup>**

**Resumo:** Neste trabalho, apresento um balanço do debate ocasionado pelas ideias suscitadas nas Ciências das Plantas com o advento da Neurobiologia das Plantas - NBP, destacando a partir das *tensões* geradas os elementos do que Hustak & Myers (2012) chamam de “uma narrativa mais rica”, além do enfoque reduutivo da biologia contemporânea sobre células e genes, ou de uma lógica evolucionista neodarwiniana exclusivamente adaptacionista, e com maior atenção ao organismo e seu comportamento no ambiente. Uma narrativa que também dê conta do modo como as plantas se expressam e permita desvelar os emaranhados nos quais plantas e cientistas estão envolvidos. Inspirado nas ideias introduzidas no campo interespecífico pelas Etnografias Multiespécies, minha hipótese é a de que estas *tensões*, sozinhas ou combinadas, sugerem modos de acessar a perspectiva das plantas. Assim, em um primeiro momento, introduzo os pressupostos gerais que orientam a NBP, as críticas recebidas e as respostas subsequentes. Com o debate em curso, a discussão sobre o comportamento inteligente das plantas atraiu pesquisadores de outras áreas para o assunto, que passaram a experimentar outras abordagens teórico-metodológicas no estudo do tema. Em um segundo momento, portanto, apresento alguns artigos chaves para ilustrar esse movimento para em seguida destacar as *tensões* entre esses três blocos – proponentes da NBP, cientistas críticos à proposta, e outros pesquisadores que se dedicam ao tema da inteligência das plantas. Por fim, demonstro como essas *tensões* sugerem modos de acessar a perspectiva das plantas a partir dos modos de relação que instauram e dos emaranhados de que participam.

**Palavras-chave:** Neurobiologia das Plantas; Debate; *Tensões*; Emaranhados; Perspectiva

### **Introdução**

Há alguns anos, um grupo internacional de pesquisadores de diferentes áreas das Ciências das Plantas lançou uma espécie de artigo-manifesto no qual apresentavam a seguinte proposta: um novo

---

<sup>9</sup> Mestrando em Antropologia Social pela Programa de Pós-graduação em Antropologia Social da Universidade Federal do Amazonas – PPGAS/UFAM.



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

campo de pesquisa em biologia das plantas, que busca entender como estes organismos percebem as circunstâncias e respondem aos estímulos do ambiente de maneira integrada, levando em consideração a combinação dos componentes moleculares, químicos e elétricos da sinalização intercelular. A Neurobiologia das Plantas (*Plant Neurobiology*), como chamaram, tem como objetivo esclarecer, de modo interdisciplinar, como as plantas adquirem e processam informações, e como as respostas coordenadas afetam todo o corpo vegetal. De acordo com seus proponentes, o comportamento que as plantas exibem é coordenado através de todo o organismo por alguma forma de sinalização, comunicação e sistema de resposta integrados. Esse sistema inclui sinais elétricos de longa distância, transporte de auxinas<sup>10</sup> mediado pela vesícula em tecidos vasculares especializados e produção de substâncias químicas conhecidas por suas características neuronais em animais<sup>11</sup> (BRENNER et al., 2006).

Sobretudo, os proponentes da Neurobiologia das Plantas – NBP destacam que avanços recentes nas Ciências das Plantas claramente revelam que as plantas são organismos inteligentes, capazes de aprender e de tomar decisões em relação às situações enfrentadas no ambiente (TREWAVAS, 2003). De acordo com esta perspectiva, e diferente do que pesquisadores mais ortodoxos acreditam, as plantas não são vítimas passivas das circunstâncias, mas antes organismos ativos no ambiente, com uma ampla gama de comportamentos, que inclui, para citar alguns deles, um sofisticado idioma químico para a comunicação intra e interespecífica, a capacidade de memorizar experiências estressantes no ambiente e resgatar essa informação para tomar decisões a respeito de suas atividades futuras, e o reconhecimento de raízes pertencentes ao próprio sistema e à sistemas estranhos.

Os proponentes da NBP identificam ainda estruturas ao nível celular e dos tecidos com

---

<sup>10</sup> *Hormônios que conduzem o alongamento celular diferencial e funcionam como reguladores do crescimento em plantas.*

<sup>11</sup> *Acetilcolina, catecolaminas, histaminas, serotonina, dopamina, melatonina, GABA e glutamato são os neurotransmissores metabólicos mais comuns nos sistemas nervosos dos animais, cumprindo papéis nas sensações, locomoção, visão, processamento de informações e desenvolvimento. Cada um desses compostos está presente nas plantas, frequentemente em concentrações relativamente altas (BRENNER et al., op. cit.).*

funções análogas aos componentes de um sistema nervoso, como *sinapses vegetais*, que consistem em domínios adesivos estáveis suportados por actina<sup>12</sup>, reunidos nas paredes celulares entre células adjacentes de uma mesma fileira; os ápices das raízes funcionariam como centros de comando semelhantes a um *cérebro*, dada a intensa atividade elétrica e o alto grau de ordenamento das células; os tecidos vasculares, como o floema e o xilema, por sua vez, fariam o papel dos *neurônios*, responsáveis pela transmissão elétrica, hidráulica e molecular ao longo de todo o corpo vegetal (BALUŠKA et al., 2006). Essas estruturas formariam um sistema integrado de comunicação ao longo de todo o corpo vegetal.

A proposta suscitou a reação inflamada de botânicos renomados de vários países (ALPI et al., 2007), indignados principalmente com a livre transposição do termo “neurobiologia” (o que implica a presença de um sistema nervoso, um privilégio dos animais), o uso descabido de metáforas e analogias, e a atribuição às plantas de faculdades como inteligência, escolha, memória e aprendizado, o que representa, para muitos críticos, cometer um dos maiores pecados nas ciências naturais: antropomorfismo, ou seja, atribuir características entendidas comumente como humanas aos demais organismos. Na medida em que os detalhes do sistema de sinalização, comunicação e resposta integrados nas plantas ainda não estão totalmente esclarecidos para os dois lados, sublinho o debate sobre o alegado comportamento inteligente das plantas.

### **Caminhando no fio da navalha**

Em um artigo seminal, um dos mais eloquentes defensores da inteligência das plantas, Anthony Trewavas, definiu inteligência como “*crescimento e desenvolvimento adaptativamente variável ao longo do tempo de vida de um indivíduo*”<sup>13</sup> (TREWAVAS, 2003, p.1). Comportamento inteligente, então, seria aspecto de um “*comportamento adaptativo complexo que provê a capacidade para a resolução de problemas*” (Ibid.). De modo alternativo, mas em certo sentido complementar, Brenner et al. (2006, p.414) definiram inteligência das plantas como “*a habilidade intrínseca de*

---

<sup>12</sup> Proteína presente nas miofibrilas citoplasmáticas - organelos tubulares dispostos em feixes longitudinais que preenchem quase totalmente o citoplasma das células musculares - e essencial para a contração muscular.

<sup>13</sup> Trewavas baseia-se na definição de inteligência desenvolvida por Stenhouse (1974).





## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

*processar informação a partir de estímulos tanto bióticos como abióticos, que permite tomar decisões ótimas acerca de atividades futuras em um dado ambiente”.*

“Resolução de problemas” e “decisão” são termos chaves no debate. De acordo com Struik et al. (2008), esses termos sugerem comportamento e aprendizado individual, portanto, variações nas capacidades individuais de aprendizado de planta para planta e, conseqüentemente, de atingir condições ótimas de existência e sucesso reprodutivo (*fitness*). Os autores ressaltam ainda que inteligência requer uma rede de elementos capazes de um fluxo de informação adaptativamente variável, assim como a comunicação entre esses elementos. Isto seria bastante complicado no caso das plantas, que consistem em uma rede de milhões de células organizadas em cerca de dez tecidos e numerosos meristemas que influenciam uns aos outros. Mesmo reconhecendo que a complexidade da comunicação ao longo do corpo vegetal, das interações com plantas da mesma espécie e com outras espécies de plantas e animais é de fato impressionante, resta saber, contudo, se estes processos de sinalização são reflexos de um comportamento inteligente, questão para a qual, afirmam, há poucas evidências disponíveis. Ademais, os termos mencionados inevitavelmente evocam a noção de consciência e vontade própria, elementos que são totalmente desnecessários se as respostas adaptativas forem passivas, como em um mundo darwiniano<sup>14</sup>.

De maneira direta e contundente, Struik et al. (op. cit) afirmam que a NBP se baseia em evidências científicas limitadas e na extrapolação de analogias. De acordo com eles, as ferramentas usuais das disciplinas correntes explicam satisfatoriamente os fenômenos em questão, e acusam a NBP de ferir o *princípio da parcimônia* (também conhecido como a *Navalha de Ockham*), que recomenda, ao deparar com duas teorias sobre o mesmo fenômeno, selecionar aquela que introduza o menor número de premissas e trabalhe com o menor número de hipóteses.

Em resposta às críticas, Brenner et al. (2007) escrevem que a NBP está, antes de mais nada, perseguindo um quadro de ideias introduzido por representantes excepcionais das Ciências das Plantas séculos antes, como Wilhem Pfeffer, Charles Darwin, Julius von Sachs, Georg Haberlandt e Erwin Bünning. Esses pensadores há muito chamaram atenção para o complexo comportamento das plantas e não hesitaram em atribuir um tipo de inteligência que na época chamaram de rudimentar.

---

<sup>14</sup> Para uma crítica pormenorizada da noção de inteligência apresentada por Trewavas (Op. cit.), ver Richard Finn (2004) e a réplica de Trewavas (2004).



## **VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia**

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

Além disso, Brenner e seus colegas dizem não estarem tão preocupados com terminologias - se “neurobiologia” é ou não um termo apropriado para descrever os processos de sinalização, comunicação e resposta das plantas - mas com certos fenômenos aos quais se tem dado pouca atenção nas pesquisas e que precisam ser encarados caso se almeje um verdadeiro entendimento das operações realizadas pelas plantas, particularmente nos dias de hoje, com novas tecnologias disponíveis. Um exemplo seriam os meios de propagação, propósito biológico e componentes moleculares envolvendo os sinais elétricos, sobre os quais sabe-se pouco até então, desde a primeira constatação desse fenômeno em plantas há mais de 100 anos (STAHLBERG, 2006). Em suma, os autores defendem que a NBP cria um importante e ainda não preenchido nicho para a biologia das plantas, e move-se em direção a uma visão mais integrada, buscando o significado da comunicação que as plantas estabelecem internamente, entre si e com outros organismos.

Os proponentes da NBP e alguns de seus fiéis colaboradores argumentam ainda que em nenhum momento afirmaram a existência de um sistema nervoso como o dos animais, muito menos a existência de algum órgão parecido com um cérebro nas plantas em um sentido dogmático. Trata-se de estabelecer certas analogias em termos de função com componentes de um sistema nervoso, em sentidos específicos para as plantas, e em contextos significativos para estes organismos, tratando de seus próprios problemas (BALUŠKA & MANCUSO, 2009a). O parco conhecimento dos processos de sinalização e comunicação, assim como dos mecanismos integrados de respostas aos estímulos do ambiente recebidos pelas plantas, apontam para a necessidade de se desenvolver novos experimentos e abordagens mais criativas, e é nesse sentido que as metáforas e interpretações que desenvolvem vêm a contribuir para o avanço das Ciências das Plantas, assim como para um melhor entendimento do mundo vegetal. Além do mais, muitos defensores da inteligência das plantas chamam a atenção para o fato de que as definições usuais de inteligência, aprendizado, escolha, memória e consciência são antropocêntricas, o que nos impede de apreciar tais qualidades quando apresentadas por outros seres, daí a necessidade de expandir os significados destas palavras, até mesmo porque não existe exatamente um consenso sobre como defini-las (TREWAVAS & BALUŠKA, 2011; POLLAN, 2014).

Anthony Trewavas (2007) também responde às críticas endereçadas à NBP, ressaltando o valor das metáforas fornecidas por esta para a sinalização e biologia das plantas. Segundo o autor, o valor das metáforas reside nas questões experimentais que provocam, e que poderiam não ser



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

imediatamente óbvias em sua ausência. Em outras palavras, metáforas ajudam a estimular a imaginação investigativa dos bons cientistas. As metáforas da NBP não seriam nem exceções, nem aberrações, mas um complemento essencial à mente científica imaginativa ao confrontar alguns dos mais recalcitrantes problemas em biologia das plantas.

A despeito do acirrado debate, os dois principais proponentes da NBP, Stefano Mancuso e František Baluška, seguiram utilizando o conceito nas pesquisas desenvolvidas no *International Laboratory of Plant Neurobiology* – LINV, dirigido por Mancuso e localizado na cidade de Florença, Itália. Em junho do ano passado (2016) foi realizada a quarta edição do *International Symposium on Plant Signaling and Behavior*, organizado pela associação de mesmo nome e da qual fazem parte vários dos proponentes e colaboradores da NBP. A mesma, fundada em 2005 e inicialmente intitulada *Society of Neurobiology of Plants*, se viu obrigada a adotar um nome menos controverso devido a pressões do *establishment* científico.

Artigos sobre sinalização, comunicação, comportamento e inteligência das plantas são publicados frequentemente nas páginas da revista *Plant Signaling and Behavior*, criada para este propósito. Esta produção se inscreve, segundo Baluška & Mancuso (2007), em um movimento relativamente recente nas Ciências Biológicas, que atravessa uma encruzilhada crítica, partindo de conceitos e metodologias reducionistas e mecanicistas em direção a análises pós-genômicas, holísticas e baseadas em sistemas de redes hierárquicas integrados e comunicativos, indicando uma potencial mudança de paradigma em curso. Apesar das numerosas descobertas nas décadas anteriores em consideração a estrutura das células e seus componentes, fica cada vez mais claro, segundo os autores, que as promessas mecanicistas e genocêntricas em biologia não passam de quimeras, e que os organismos vivos são muito mais complexos do que a soma dos seus constituintes.

Vários dos cientistas que, de uma maneira ou de outra, estão associados à NBP, compartilham da ideia de que os sistemas vivos, sejam uma única célula ou organismos mais complexos, como animais e plantas, não são máquinas nem autômatos que respondem aos sinais externos através de um conjunto limitado de respostas pré-definidas e reflexos automáticos. Muitos apontam que, enquanto que os animais, em parte, e até mesmo as bactérias já conseguiram se livrar dessa carga e ter suas capacidades agentivas reconhecidas, ainda é comum pensar nas plantas como dispositivos mecânicos sem qualquer possibilidade de escolha e planejamento de suas atividades, conforme atesta a reação dos críticos mais conservadores às ideias da NBP. Para Baluška & Mancuso (2009b), a



quantidade considerável de dados produzidos nos últimos anos demanda a reconsideração deste ponto de vista sobre as plantas.

Frente a avalanche de dados produzidos nos últimos anos, pesquisadores de diversas áreas são atraídos pela discussão sobre a inteligência das plantas, reavivada, tal como foi, pela NBP e trazida de volta ao meio científico, mesmo com resistência. Neste tocante, vale dizer que nem todos os críticos da NBP estão empenhados em refutar a ideia, alguns buscam contribuir com perspectivas para a construção e consolidação do campo, introduzindo abordagens oriundas de outras disciplinas ou áreas de estudo, como a filosofia, a biologia da cognição e a ecologia psicológica, por exemplo, para ponderar a relação entre as plantas e o ambiente, com todas as implicações.

#### *Da computação à atenção*

Os proponentes da Neurobiologia das Plantas, tal como vimos anteriormente (BALUŠKA et al., 2006; BRENNER et al., 2006; BALUŠKA & MANCUSO, 2007; BALUŠKA & MANCUSO, 2009a; BALUŠKA & MANCUSO, 2009b; BALUŠKA, 2010), interpretam as plantas como redes de processamento de informações, enfatizando o perfil computacional funcional que explica o comportamento inteligente manifesto destes organismos. Aspectos como comportamento competitivo, memória, aprendizado e tomadas de decisão são privilegiados no tipo de análise que desenvolvem. Outros (incluindo alguns críticos menos tenazes da NBP) também elaboraram trabalhos nesta mesma linha, enfatizando explicações funcionais e priorizando as estruturas e os componentes que possam sustentar um comportamento inteligente, assim como tentando definir com mais rigor seus pré-requisitos (BARLOW, 2008; CVRCKOVÁ et al. 2009; KARPIŃSKI & SZECHYŃSKA-HEBDA, 2010). Recentemente, Trewavas (2016) publicou uma revisão atualizada do seu trabalho de muitos anos sobre inteligência das plantas (TREWAVAS, 2002; TREWAVAS, 2003; TREWAVAS, 2005A; TREWAVAS 2005B; TREWAVAS, 2009), na qual endossa muitas de suas convicções anteriores que vão ao encontro dos pressupostos da NBP.

Como é possível perceber, este enfoque evoca as capacidades cognitivas das plantas. Isto pode ser problemático se levarmos em consideração a crítica de Firn (2004) à noção da planta como um indivíduo, utilizada por Trewavas (2003). Conforme Firn destaca, qualquer tipo de inteligência que possa ser atribuída às plantas, pode residir apenas nos tecidos, órgãos ou células, já que o conceito de planta como um indivíduo é, no mínimo, enganoso, dado o seu crescimento e desenvolvimento modular (FIRN, op. cit.). Neste sentido, Garzón (2007), membro do Conselho Científico do LINV e



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

colaborador assíduo das pesquisas desenvolvidas no laboratório, concorda com Firm, entretanto, para ele, o conceito de indivíduo é enganoso para se referir tanto às plantas como a qualquer outro organismo. O autor defende que o nível do indivíduo deve ser deixado de lado em favor de um indivíduo estendido, ou um “*indivíduo-acoplado-com-seu-ambiente*”, colocando em questão o indivíduo como o lócus da inteligência. Desse modo, rejeita a metáfora da cognição como um processo centralizado em favor da concepção de um fenômeno auto-organizado estendido e emergente, cuja explicação requer o entendimento simultâneo dos fatores neurais, corporais e ambientais, conforme interagem uns com os outros em tempo real.

Aqui, cognição é entendida em um sentido amplo, como o comportamento de todo e qualquer ser vivo em relação ao seu ambiente (TREWAVAS & BALUŠKA, 2011), inspirado em autores como Maturana & Varela (1980) e Bateson (1985), para os quais cognição, definido como o ato de conhecer, é implícita a todas as formas de vida, construída como tal a partir de estruturas de redes hierárquicas complexas (TREWAVAS, 2006). Para esses autores, mesmo organismos como as plantas, sem um sistema nervoso central, percebem e respondem, e por isso, conhecem seu ambiente. Elas são, deste modo, capazes de cognição. Contudo, ao definir o ato cognitivo, Gárzon (Op. cit.) o coloca em termos de manipulação de representações, isto é, estados internos formados a partir dos sinais recebidos do ambiente, transformados e devolvidos como respostas (CALVO GARZON & KEIJZER, 2011).

Em uma aproximação com a ecologia psicológica, no intuito de explorar de modo mais acurado o processo dinâmico de interação entre organismo e ambiente que caracteriza o domínio cognitivo tal como acabamos de ver, Gagliano (2015) investe na intrínseca relação entre percepção e habilidades cognitivas, a primeira entendida como mais do que o processo total de recebimento, organização e interpretação de uma variedade de estímulos, mas como a experiência de fazer contato com o mundo e explorar quais oportunidades o ambiente oferece, moldando, desta maneira, as escolhas, decisões e ações de um dado organismo, sendo, portanto, uma característica essencial da vida. Para isso, baseia-se no conceito de *affordances* (GIBSON, 1977; 1979 *apud* GAGLIANO, op. cit.), processo de descoberta e avaliação dinâmica das múltiplas oportunidades apresentadas ao organismo, através do qual certas respostas cognitivas como predição e antecipação são facilitadas pelo ambiente, permitindo ao primeiro conhecer acerca do estado do mundo antes de decidir e agir





## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

nele. Nesta perspectiva, o ambiente, ao oferecer múltiplas oportunidades de tomadas de decisão e ações variadas, torna, antes, estas últimas possíveis ao invés de causá-las.

Igualmente influenciadas pela ecologia psicológica, Carello et al. (2012) elaboram, todavia, a questão de outra maneira, levando ainda mais longe a relação organismo-ambiente. As autoras tomam como ponto de partida a definição de inteligência como “*comportamento dirigido a um fim, marcado pelo emprego de distinções significativas, tornadas possíveis através de ciclos de percepção-ação*” (Ibid, p.6 ). Esta definição implica um agente inteligente capaz de fazer uso de distinções significativas de modo a organizar ações apropriadas em relação a elas. Para Carello et. al. (Op. cit.) *agencia* é manifestada em relação aos *affordances*, conceito fundamental na ecologia psicológica, como acabamos de ver. Para uma planta ser considerada um agente, ela precisa demonstrar a habilidade de mudar seu comportamento em antecipação ao que acontecerá, reflexivamente ao que aconteceu, e com opções de como agir para atingir determinado fim. Em outras palavras, é necessário que possamos identificar prospectividade, retrospectividade e flexibilidade ao buscarmos exemplos de comportamento em plantas. Aqui, as autoras não estão preocupadas com os mecanismos que poderiam suportar um comportamento inteligente. Ao invés disso, a ênfase é deslocada para os constrangimentos e possibilidades de interação do organismo com o ambiente, e como um age sobre o outro.

Por ultimo, com que aproximando estas ultimas abordagens com as que apresentei no início deste tópico, Michael Marder (2013) aplica um modelo fenomenológico<sup>15</sup> focado na *atenção*, entendida aqui como uma característica da conduta inteligente no presente, pela qual um dado organismo responde seletivamente ao fluxo inconstante e sempre em mudança de estímulos do ambiente de uma maneira que permite manter um nível adequado de adaptação ao mesmo (Ibid.). Segundo Marder (Op. cit.), o ato de prestar *atenção* depende de três elementos interrelacionados e dinamicamente estruturados: foco ou tematização; contexto; e margem ou horizonte. No caso do comportamento de forrageio, por exemplo, um estímulo no qual a planta precisa focar é a qualidade do solo, que deve ser acessado como pré-condição para a seleção de um fragmento que seja rico em recursos. Contudo, para focar a *atenção* em qualquer estímulo determinado, é necessário antes isolá-lo de um contexto no qual este se encontra dissolvido. A margem ou o horizonte delimita os contornos

---

<sup>15</sup> Marder toma como base os trabalhos de Husserl (1983; 1991) e Arvidson (2006).

desse contexto. Qualquer estímulo relevante passa por este processo de destacamento, ao contrário, permanece dissolvido em um pano de fundo “barulhento” (Ibid.). Em plantas, este processo é multifocal e as informações são percebidas e registradas por receptores de vários tipos, localizados desde as pontas das raízes até as folhas. Sinalização em plantas envolve, conseqüentemente, a coordenação entre múltiplos focos de atenção, cada um deles destacando um pedaço de informação vital acerca das condições ambientais e traduzindo-os em instruções para o crescimento ou reprodução.

### **Construindo “uma narrativa mais rica” sobre as plantas**

Até aqui, é possível observar três *tensões* muito claras, todas elas muito longe de estarem resolvidas<sup>16</sup>. (1) A primeira é entre os proponentes da NBP, que postulam que as plantas manifestam um comportamento inteligente suportado por mecanismos internos de percepção e processamento de sinais, e aqueles cientistas mais conservadores que, a despeito de reconhecerem o complexo comportamento das plantas, negam-se a atribuir qualquer tipo de inteligência por trás disso, uma vez que os mecanismos e processos envolvidos ainda não estão totalmente esclarecidos, sendo preferível, portanto, ater-se às explicações correntes. Desta primeira *tensão*, resta aos proponentes da NBP a acusação de antropomorfismo e delírio científico, já que seus críticos consideram inapropriado substituir explicações consolidadas por metáforas imaginativas. (2) A segunda *tensão* é interna, e se traduz em uma certa ambivalência nos trabalhos dos proponentes e colaboradores da NBP, que apesar do foco promissor na relação planta-ambiente e da inspiração em um conceito expandido de cognição, não ousam levar o argumento adiante, continuando a investir em uma perspectiva computacional calcada em uma separação entre o ambiente-que-gera-estímulos e o organismo-que-os-processa-e-responde. (3) Por último, temos a *tensão* entre os proponentes da NBP e outros cientistas dedicados ao tema da inteligência das plantas, que no intuito de escapar das duas *tensões* anteriores, desenvolvem análises apoiadas em uma perspectiva mais holística, com enfoque na percepção dos

---

<sup>16</sup> Aqui, gostaria de agradecer ao meu amigo Miguel Aparício por ter salientado isto em sua leitura acurada dos esboços deste artigo.



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

sinais e ação das plantas no ambiente, deixando em segundo plano, ou mesmo rejeitando a necessidade de mecanismos específicos para suportar um comportamento inteligente.

Articularei estas *tensões* destacando os elementos do que Hustak & Myers (2012) chamam de “uma narrativa mais rica”, além do enfoque reduutivo da biologia contemporânea sobre células e genes, ou de uma lógica evolucionista neodarwiniana exclusivamente adaptacionista, e com maior atenção ao organismo e seu comportamento no ambiente. Uma narrativa que também dê conta do modo como as plantas se expressam e permita desvelar os emaranhados nos quais plantas e cientistas estão envolvidos. Minha hipótese é a de que estas *tensões*, sozinhas ou combinadas, sugerem modos de acessar a perspectiva das plantas.

Usarei aqui uma *solução* - que pode ser entendida tanto no sentido da Química como de maneira mais convencional, de alternativa a um problema - para transformar e intensificar o sabor destas *tensões*. A inspiração para esta alquimia vem das ideias introduzidas no campo interespecífico pelas Etnografias Multiespécies (KIRKSEY et al., 2010). Aqui, a condição humana é entendida com base na lógica co-evolutiva e da relação inter-constitutiva entre as espécies. Nesse sentido, a biologia humana e a cultura humana – não importa como os dois aspectos estejam divididos conceitualmente – emergem a partir dessas relações. Nesse processo, todas as partes agem umas sobre as outras, nenhuma delas ocupando um lugar privilegiado. Mesmo que os humanos possam ter uma ideia de como agir e transformar o mundo, ainda assim essas ideias surgem ao longo de uma rede de interações, e as transformações são realizadas apenas “na superfície”, enquanto diversas agências são postas em confluência, cada uma dando sua própria contribuição no modo como as coisas tomam forma (VAN DOOREN, 2012). Entretanto, vale ressaltar que não basta simplesmente celebrar a mistura multiespécie, mas também, como salientam seus mais notórios proponentes, explorar uma questão central: “*quem se beneficia, cui bono, quando as espécies se encontram [when species meet]?*” (KIRKSEY et al., 2014, p.2).

\*\*\*

Independentemente de como o encaramos, o fato do debate sobre as capacidades agentivas das plantas estar em curso e bastante vivo entre praticantes dos diferentes ramos das Ciências das Plantas, aponta para mais um capítulo de uma história que vem sendo escrita desde o século passado, quando as nítidas fronteiras que separavam os humanos dos outros animais – nossos monopólios da linguagem, raciocínio, fabricação de ferramentas, cultura e até mesmo autoconsciência – foram





## **VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia**

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

borradas, uma após a outra, à medida que a Ciência reconhecia essas faculdades em outros animais (POLLAN, 2014). No que diz respeito às plantas, nos últimos anos, tem tido lugar um movimento que pode ser descrito como “a virada das plantas” (MYERS, 2015), uma atenção geral por parte de filósofos, antropólogos, escritores de ciência e pensadores de maneira geral para as vidas desses organismos (HALL, 2011; CHAMOVITZ, 2012; MARDER, 2013; KOHN, 2013).

Parte da atenção que a NBP angariou se deve a isto, mas não apenas. A NBP traz dados sólidos sobre a capacidade agentiva das plantas, obtidos a partir de experimentos conduzidos por áreas de estudo firmadas e respeitadas nas Ciências das Plantas, ajudando a construir, desse modo, a partir de sua posição no meio científico, uma nova maneira de se olhar para as plantas. Ao considerá-las como mais do que criaturas passivas ou seres autômatos, e reconhecendo que elas são organismos inteligentes, capazes de aprender, de tomar decisões e agir em relação às situações que enfrentam no ambiente, os proponentes da NBP vem contribuindo na reformulação destas definições para além de suas bordas antropocêntricas, procurando o significado desses termos quando pensados no contexto do modo de vida e das relações das plantas com o mundo.

Contudo, esse esforço não os isenta da acusação de antropomorfismo, como muito bem apontam seus críticos mais ferrenhos. Devemos, entretanto, fazer uma ressalva a esta crítica: como revela Myers (2015), antropomorfizar nunca é um exercício de mão única. Em seu trabalho, a autora empreendeu uma série de conversas com cientistas que estudam, a partir de perspectivas variadas, os processos de sinalização em plantas, evidenciando a partir de seus discursos e da observação de suas práticas cotidianas como que, no processo cuidadoso de trabalho em suas pesquisas, esses praticantes da ciência aprendem a prestar atenção nas mesmas coisas que as plantas: na mais sutil alteração no gradiente de nutrientes do solo; às mínimas mudanças nas fragrâncias químicas na atmosfera envolvente; às reconfigurações nas redes de relações com bactérias, fungos, polinizadores, herbívoros e outras plantas. Para que o trabalho corra bem, percebe a autora, os cientistas devem entregar-se à sua investigação. Eles devem se deixar levar pelos comportamentos, ritmos e temporalidades das plantas, e devem aprender a descobrir e observar uma gama de fenômenos que muitas outras pessoas talvez jamais poderão ver. Através de seus instrumentos e experiências, os cientistas se enredam completamente com as plantas que estudam.

As conversas com esses praticantes da ciência revelaram, segundo as impressões de Myers (Op. cit.), diversos tipos de ambiguidades, “escorregões” e atribuição de agência aos organismos não-



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

humanos, assim como uma notável oscilação entre encantamento e desencantamento em suas falas. Eles pareciam, conta a autora, estar sendo puxados, de um lado, por visões quase transcendentais sobre as maravilhosas destrezas sensoriais das plantas, e de outro, pelo desencantamento forçado por um “estilo de pensamento” reducionista e mecanicista que resiste em imputar qualquer agência aos organismos não-humanos. Quando paravam de policiar seus vocabulários e deixavam livres suas imaginações, deixavam entrever todo o encantamento em suas falas sobre as formas de agencia e intencionalidade nas plantas. Apesar das ardentes tentativas de restringir suas linguagens e aderir às convenções de suas publicações científicas, as plantas em suas falas se recusavam a ser contidas. Mais do que oferecer oportunidades de intervenção etnográfica, conclui a autora, estas oscilações entre encantamento e desencantamento lhe deram a oportunidade de perceber como o antropomorfismo não é apenas uma imposição unidirecional de conceitos e valores humanos aos organismos não-humanos, mas uma maneira de se envolver em mundos e perspectivas outras que os formam.

Assim, essa espécie de *antropomorfismo não-antropocêntrico*, se me permitem o trocadilho, presente nas ideias que orientam a NBP, e produzido pela primeira *tensão* que descrevi anteriormente, pode ser entendido como uma maneira de acessar a perspectiva das plantas, que se desenvolve no contato íntimo entre plantas e cientistas durante suas pesquisas e experimentos. Porém, mesmo que isso não envolva necessariamente uma contradição, o ponto de vista computacional e representacionalista que têm do modo como as plantas interagem com o ambiente - seja invocando um sistema de percepção, comunicação e respostas integrados análogo a um sistema nervoso, ou capacidades racionais como, por exemplo, análises de custo e benefício (TREWAVAS, 2003) – instaura uma certa ambiguidade no modo como os proponentes da NBP interpretam a maneira pela qual as plantas percebem e agem no mundo, remetendo à segunda *tensão*, de cunho interno. Foi no intuito de escapar desta ambiguidade que os protagonistas da terceira *tensão* desenvolveram suas ideias. Tratam-se, lembrando, de outros trabalhos sobre a inteligência das plantas que deixam em segundo plano, ou mesmo rejeitam a necessidade de mecanismos específicos para suportar um comportamento inteligente.

A ideia que orienta esses trabalhos é a de que organismo e ambiente não são domínios distintos, mas se constituem mutuamente através de ciclos de percepção-ação. Não há, de maneira separada, um *ambiente-que-gera-estímulos* e um *organismo-que-os-processa-e-responde*, ambos os



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

processos ocorrem simultaneamente e influenciam-se, fazendo e desfazendo um ao outro continuamente. Se a primeira *tensão* produz uma maneira de acessar a perspectiva das plantas a partir do envolvimento recíproco com os cientistas que as estudam, aqui, a planta manifesta sua perspectiva efetivamente através dos modos de relação que estabelece e dos estados pelos quais se apresenta: uma planta é o que percebe, e percebe o mundo a partir do que ela é. O acesso a esta perspectiva leva em direção a uma fenomenologia, como colocado por Marder (Op. cit.), mas cuja inspiração vem do clássico da etologia Jakob von Uexküll (1934).

É assim que, segundo Marder (Op. cit.), a morfologia sempre em desenvolvimento das plantas expressa objetivamente seus atos de *atenção* ao longo do tempo, na medida em que seu corpo se ajusta às condições do ambiente. As decisões são tomadas na interseção do processamento de informações locais e uma rede global de sinalização, sintonizada ao mesmo tempo com os fatores ambientais externos e as necessidades fisiológicas e de desenvolvimento da planta. De modo similar, a estrutura modular das raízes e galhos, buscando o crescimento ótimo, reflete espacialmente a interação entre os diferentes níveis de *atenção* nas plantas. Por sua vez, cada momento no desenvolvimento, cada nova configuração engendra modos de *atenção* determinados pelo novo horizonte de experiências, e por conseguinte, novos modos de relação com o ambiente, novas oportunidades de captar recursos ou se reproduzir conforme novos pontos focais são acrescentados à esfera da *atenção*.

Por fim, Despret (2013) oferece uma leitura deleuziana capaz de colocar juntas essas duas perspectivas. Seja na interação entre planta e cientistas, ou entre planta e ambiente, estamos falando de emaranhados onde as fronteiras entre *agente* e *sujeito* são desafiadas. Esses emaranhados podem ser compreendidos a partir do conceito de *agenciamento*. Um *agenciamento*, explica Despret (Op. cit), é uma relação de forças - no sentido do poder de afetar outras forças com as quais é posta em relação, e por sua vez ser afetado por elas - que torna alguns seres capazes de fazer tornar outros seres capazes, de maneira plurivocal, de modo que o *agenciamento* resiste a ser desmembrado, resiste a contornos claros. O que constitui o agente e aquele que sofre a ação é distribuído e redistribuído incessantemente. Agencia é, desse modo, produto de *agenciamentos*. Há, em cada *agenciamento* co-animação, no sentido literal do termo, isto é, no sentido mais animista do termo. Incitar, provocar, acionar, inspirar, são exemplos de afetos ativos dentro de um *agenciamento*; um afeto reativo é



entendido em termos da capacidade de ser incitado, inspirado, acionado ou provocado, ou de ser induzido a produzir – e mesmo em termos do poder de dar a outro ser o poder de afetar.

Assim, a perspectiva de determinada planta está justamente nos emaranhados confusos nos quais se envolve, e precisa ser construída, ou melhor, reconstituída tendo isto em mente. Nós possuímos objetivamente a capacidade de acessar e expressar a perspectiva das plantas, a partir dos diversos níveis de envolvimento que estabelecemos, na medida em que deixamo-las nos afetar e nos deixamos emaranhar. Isto é muito diferente de meramente falar por elas. O que a planta expressa só terá sentido nessa chave de análise.

### **Considerações finais: caminhos para uma ciência reanimada**

Ao atribuir tais faculdades agentivas às plantas, A NBP estaria praticando algo como um pensamento animista, como dão a entender os seus críticos? Seria possível, na perspectiva oferecida pelos adeptos da NBP, nós, humanos, comunicarmos com as plantas? Poderíamos entender o que elas têm a nos dizer, a partir das formas como elas se expressam?

Em uma conferência realizada originalmente na Universidade de Aberdeen em 2011, Ingold discorre sobre o emudecimento da natureza, corolário máximo de um processo iniciado na Reforma, que instaurou uma mudança nas formas de ler o mundo, uma separação entre o significado imanente das coisas e suas posteriores interpretações. O mundo que antes, na ontologia medieval, era conhecido através de um processo de desvelamento gradual, no qual o engajamento perceptivo do conhecedor o apreendia e o construía simultaneamente, passou a ser um repositório de dados, pronto para ser decifrado, bastasse dispor das chaves corretas para acessá-lo. Porém, diz o autor, mesmo silenciado, o mundo, ou a natureza, “(...) *pode ser – e geralmente o é - um lugar tão barulhento que chega a ser ensurdecedor*” (Ingold, 2011: 26).

Entretanto, para o filósofo Steven Vogel, citado por Ingold, mesmo com todo o barulho advindo dessa natureza ricamente sonora, nada indica que as entidades naturais conversem entre si, e muito menos com os humanos. Qualquer conversa que possa existir é um mero ato de ventriloquia, uma projeção de nossas próprias palavras em um objeto mudo. Neste sentido, Vogel está mais próximo dos críticos da NBP, uma vez que esta acusação, que se traduz pela repulsa científica ao



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

antropomorfismo, é dirigida a todos aqueles que buscam uma compreensão mais empática com os seres não-humanos.

Em contrapartida, Nicole Klenk, também citada por Ingold, desafia essa acusação, defendendo que os “*não-humanos podem e, sim, respondem à voz, gestos e presença humana, de forma que faz sentido para eles e para nós*” (Ibid.: 27). Ao colocar em palavras o que a natureza está dizendo, os seres humanos seriam antes tradutores do que ventríloquos. Para a autora, é exatamente nisto em que consiste o trabalho científico, fundado em uma interação cuidadosa com (e uma observação dos) os componentes do mundo natural.

A despeito da ressalva que Ingold faz às considerações de Klenk, tudo indica que os neurobiólogos das plantas estejam se esforçando em ouvi-las, mesmo que os próprios não coloquem a questão exatamente nestes termos. Ao olharem as plantas como mais do que criaturas passivas ou seres autômatos, e reconhecendo que elas são organismos inteligentes, capazes de aprender, tomar decisões e agir em relação às situações que enfrentam no ambiente, os proponentes da NBP trabalham para incorporar o ponto de vista das plantas que estudam e, nesse esforço intelectual (e muitas vezes corporal) para entender seus modos de existência, assumem suas perspectivas, como propõe Myers (2015), para quem o antropomorfismo nunca é um exercício de mão única.

A concepção ingoldiana da vida como um emaranhado de linhas em crescimento e movimento não está muito longe da concepção animista do mundo, porém, diferente do animismo como uma lógica classificatória desenvolvido por Descola, no qual as pessoas se valem das categorias oriundas da prática social para pensar a relação com os objetos naturais, Ingold defende que o animismo é antes uma ontológica: não meramente um sistema de crenças que atribui vida ou espírito a coisas que são verdadeiramente inertes, mas uma maneira de estar no mundo, ou estar vivo para o mundo. “(...) *A animacidade, portanto, não é uma propriedade das pessoas imaginariamente projetada sobre as coisas pelas quais se percebem cercadas. Em vez disso, trata-se do potencial dinâmico, transformador de todo o campo de relações dentro do qual seres de todos os tipos, (...) contínua e reciprocamente trazem uns aos outros à existência. A animacidade do mundo da vida, em suma, não é o resultado de uma infusão de espírito na substância, ou de agência na materialidade, mas é, ao contrário, ontologicamente anterior à sua diferenciação*” (Ingold, 2015).

Nesta concepção de mundo, os seres não são entidades discretas em relação uns com os outros, mas um emaranhado de linhas em perpétuo crescimento e movimento. Não há começo ou fim



## VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia

Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

determinados, as linhas seguem serpenteando por entre o meio, como a raiz de uma árvore, com múltiplas direções e ramificações. Ao invés de conexões entre os pontos, temos um entrelaçamento de linhas, ou uma malha. “*Na ontológica anímica, os seres não ocupam simplesmente o mundo, eles o habitam, e ao fazê-lo – costurando seus próprios caminhos através da malha – contribuem para a sua trama em constante evolução*” (Ibid.).

Por muito tempo as plantas foram consideradas criaturas passivas, principalmente porque, em relação à percepção humana, elas dificilmente se movem e além disso não emitem sons em frequências que podemos facilmente captar. Os neurobiólogos das plantas contestam fortemente essa visão do mundo vegetal, indicando que as plantas não são apenas vítimas das circunstâncias, mas antes organismos ativos no ambiente. Para os cientistas da NBP, os dados levantados e a interpretação dos mesmos não parecem estar radicalmente separados, como é comum na prática científica moderna, mas antes trabalhados juntos a partir de uma retórica particular, que não vê problema no uso de metáforas e analogias na construção de um conhecimento sobre os processos da vida.

Os estudos desenvolvidos pela NBP vêm instigando discussões que apontam para uma mudança de paradigma dentro do núcleo duro da concepção naturalista: a de uma natureza externa e de que apenas os seres humanos são capazes de agir e transformar o mundo. Podemos interpretar as ideias propagadas pela NBP como uma abertura animista para o mundo, justamente do tipo que Ingold aponta como necessária para oxigenar a prática científica. A ciência, diz o autor, “*tal como está, repousa sobre uma impossível fundação, a fim de transformar o mundo em objeto de preocupação, ela tem de colocar-se acima e além do próprio mundo que ela afirma entender*” (Ibid.). Nesse sentido, a NBP oferece a oportunidade de pensarmos outras práticas possíveis e desenvolvermos novas narrativas, fundadas em uma abertura para o mundo da vida e em uma maior empatia com os seres. Assim como a analogia que Ingold faz entre o emaranhado de linhas e os modos de dispersão das raízes, talvez pudéssemos aprender a também pensar *como* e *com* as plantas.

### Bibliografia:

ALPI, A. et al. **Plant neurobiology: no brain, no gain?**, 2007. Disponível em: <papers3://publication/doi/10.1016/j.tplants.2007.03.002>

ARVIDSON, P. S. The sphere of attention: context and margin. **Dordrecht**: Springer, 2006.



- BALUŠKA, F. et al. Neurobiological view of plants and their body plan. **Communication in Plants: Neuronal Aspects of Plant Life**, p. 19–35, 2006.
- BALUŠKA, F. Recent surprising similarities between plant cells and neurons. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, n. 2, p. 87–89, 2010.
- BALUSKA, F.; MANCUSO, S. Plant neurobiology as a paradigm shift not only in the plant sciences. **Plant signaling & behavior**, v. 2, n. 4, p. 205–7, 2007.
- BALUŠKA, F.; MANCUSO, S. Plant neurobiology: From sensory biology, via plant communication, to social plant behavior. **Cognitive Processing**, v. 10, n. 1 SUPPL., p. 3–7, 2009a.
- BALUŠKA, F.; MANCUSO, S. Plant Neurobiology. From stimulus perception to adaptive behaviour of plants, via integrated chemical and electrical. **Plant signaling & behavior**, v. 4, n. 6, p. 475–476, 2009b.
- BARLOW, P. W. Reflections on “plant neurobiology”. **BioSystems**, v. 92, n. 2, p. 132–147, 2008.
- BATESON, G. *Mind and Nature. A Necessary Unity*. Fontana, London, UK, 1985.
- BRENNER, E. D. et al. Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 413–419, 2006.
- BRENNER, E. D. et al. Response to Alpi et al.: Plant neurobiology: the gain is more than the name. **Trends in Plant Science**, v. xxx, n. x, p. 1–2, 2007.
- CALVO GARZON, P.; KEIJZER, F. Plants: Adaptive behavior, root-brains, and minimal cognition. **Adaptive Behavior**, v. 19, n. 3, p. 155–171, 2011.
- CARELLO, C. et al. Unnerving Intelligence. **Ecological Psychology**, v. 24, n. 3, p. 241–264, 2012.
- CVRCKOVÁ, F.; LIPAVSKÁ, H.; ZÁRSKÝ, V. Plant intelligence: why, why not or where? **Plant Signal. Behav.**, v. 4, n. 5, p. 394–399, 2009.
- DESPRET, V. **From secret agents to interagencyHistory and Theory**, 2013.
- FIRN, R. Plant Intelligence: an Alternative Point of View. **Annals of Botany**, v. 93, p. 345–351, 2004.
- GAGLIANO, M. In a green frame of mind: Perspectives on the behavioural ecology and cognitive nature of plants. **AoB PLANTS**, v. 7, n. 1, 2015.



**VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia**  
Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

- GARZÓN, F. C. The quest for cognition in plant neurobiology. **Plant signaling & behavior**, v. 2, n. 4, p. 208–211, 2007.
- HUSSERL, E. Ideas pertaining to a pure phenomenology and to a phenomenological philosophy, first book. **Dordrecht**: Kluwer, 1983.
- \_\_\_\_\_. On the phenomenology of the consciousness of internal time. **Dordrecht**: Kluwer, 1991.
- HUSTAK, C.; MYERS, N. Involutionary momentum: Affective Ecologies and the Sciences of Plant/Insect Encounters. **Differences: A Journal of Feminist Cultural Studies**, v. 23, n. 5, p. 74–118, 2012.
- INGOLD, T. Walking with dragons: na anthropological excursion on the wild side. **ASA Firth Lecture**, 2011.
- INGOLD, T. Repensando o animado, reanimando o pensamento. In: **Estar vivo: Ensaios sobre movimento, conhecimento e descrição**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.
- KARPIŃSKI, S.; SZECHYŃSKA-HEBDA, M. Secret life of plants: from memory to intelligence. **Plant signaling & behavior**, v. 5, n. 11, p. 1391–1394, 2010.
- KIRKSEY, E.; SCHUETZE, C.; HELMREICH, S. Introduction. Tactics of Multispecies Ethnography. In: **The Multispecies Salon**. [s.l: s.n.]. p. 1–295.
- KIRKSEY, E.; SCHUETZE, C.; SHAPRIO, N. Poaching at the Multispecies Salon. **Kroeber Anthropological Society**, v. 100, n. 1, p. 129–153, 2010.
- MARDER, M. Plant intelligence and attention. **Plant signaling & behavior**, v. 8, n. 5, p. e23902, 2013.
- MATURANA, H.R. & VARELA, F. J. Autopoieses and Cognition. **D. Reidel Publishing Company**, Dordrecht, the Netherlands, 1980.
- MYERS, N. Conversations on Plant Sensing : Notes from the Field. **Natureculture**, n. 2010, p. 35–66, 2015.
- POLLAN, M. **A Planta Inteligente**, 2014.
- STAHLBERG, R. Historical Overview on Plant Neurobiology. **Plant Signaling & Behavior**, v. 1, n. 1, p. 6–8, 2006.



**VI Reunião de Antropologia da Ciência e da Tecnologia**  
Instituto de Estudos Brasileiros, USP - 16 a 19 de maio de 2017

STENHOUSE, D. The evolution of intelligence - a general theory and some of its implications.

**George Allen and Unwin**, London, UK, 1974.

TREWAVAS, A. Mindless mastery. **Nature**, v. 415, n. 6874, p. 841, 2002.

\_\_\_\_\_. Aspects of plant intelligence. **Annals of Botany**, v. 92, n. 1, p. 1–20, 2003.

\_\_\_\_\_. Aspects of Plant Intelligence: an Answer to Fern. **Annals of Botany**, v. 93, p. 353–357, 2004.

\_\_\_\_\_. Green plants as intelligent organisms. **Trends in Plant Science**, v. 10, n. 9, p. 413–419, 2005a.

\_\_\_\_\_. Plant intelligence. **Naturwissenschaften**, v. 92, n. 9, p. 401–413, 2005b.

\_\_\_\_\_. A brief history of systems biology. “Every object that biology studies is a system of systems.” Francois Jacob (1974). **The Plant cell**, v. 18, n. 10, p. 2420–2430, 2006.

\_\_\_\_\_. Response to Alpi et al.: Plant neurobiology - all metaphors have value. **Trends in Plant Science**, v. xxx, n. x, p. 3, 2007.

\_\_\_\_\_. What is plant behaviour? **Plant, Cell and Environment**, v. 32, n. 6, p. 606–616, 2009.

TREWAVAS, A. J.; BALUŠKA, F. The ubiquity of consciousness. **EMBO reports**, v. 12, n. 12, p. 1221–5, 2011.

TREWAVAS, T. Plant intelligence: An overview. **BioScience**, v. 66, n. 7, p. 542–551, 2016.

UEXKÜLL, J. VON. **A Stroll Through the Worlds of Animals and Men\_ A Picture Book of Invisible Worlds**. [s.l: s.n.].

VAN DOOREN, T. Wild Seed, Domesticated Seed: Companion species and the emergence of agriculture . **PAN: Philosophy, Activism, Nature**, v. 9, n. 9, p. 22–28, 2012.