

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fernando da Cruz Forte

Um resumo sobre Inteligência Vegetal
possibilidades de considerá-la como fenômeno



Rio Claro
2018

FERNANDO DA CRUZ FORTE

Um resumo sobre Inteligência Vegetal
possibilidades de considera-la como fenômeno

Orientador: GUSTAVO HABERMANN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Campus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2018

F737r Forte, Fernando
Um resumo sobre Inteligência Vegetal :
possibilidades de considera-la como fenômeno /
Fernando Forte. -- Rio Claro, 2018
70 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -
Ciências Biológicas) - Universidade Estadual
Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Gustavo Habermann

1. Inteligência Vegetal. 2. Comportamento
Vegetal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

SUMÁRIO

RESUMO	03
1. INTRODUÇÃO	04
1.1. Justificativa e repercussões de se definir inteligência.....	04
1.2. Sobre as problemáticas de se definir inteligência	11
1.3. Definindo “Inteligência vegetal”	22
2. EVIDÊNCIAS	33
2.1 Cognição.....	34
2.2 Intencionalidade	45
3. CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

RESUMO

O termo “inteligência” já foi objeto de atenção em diversas áreas do conhecimento. Entretanto, fora do contexto de vertebrados superiores, ele tem sido motivo de controvérsia, sobretudo ao passo que caminhamos rumo a uma melhor compreensão de plantas em geral, e observamos que há paralelos possíveis de serem feitos entre o comportamento de animais que consideramos como inteligentes, e o de plantas. Vegetais, apesar de seu estilo de vida sésil e ínfima semelhança com organismos do reino animal, lidam com as adversidades e variações ambientais bióticas e abióticas de maneira mais calculada e complexa do que aparentam. Novos estudos vêm observando recentemente no comportamento vegetal, um termo alternativo à proeminente plasticidade fenotípica que esses organismos apresentam, características que constituem atributos chave dentro das definições recorrentes do termo, que é possível inferir a eles a qualidade de inteligência.

Percepção sensorial detalhada, aprendizado, memória metabólica, reconhecimento de si e de indivíduos adjacentes, antecipação de eventos e ações coerentes, capacidade de escolha individual, comunicação intra e extra-específica, sinalização celular integrativa de curta e longa distância, tanto hormonal como de natureza elétrica, modulação comportamental baseada em sinalização sistêmica, individualidade, espontaneidade e comunicação são alguns dos fenômenos já observados, que fundamentam o argumento de que plantas agem não como autômatos, mas sim por meio de uma leitura detalhada de seu ambiente, em ações complexas de como irá responder aos estímulos ambientais. Esses fenômenos, caso melhor compreendidos, divulgados, e considerados como subproduto de uma intenção, ao invés de uma resposta padronizada e automática, expandem as possibilidades pedagógicas, teóricas e práticas no que tange nossa relação com os vegetais. Além de poder se tornar importantes estratégias na busca de uma agricultura mais sustentável e eficiente.

Palavras-chave: Inteligência, vegetal, comportamento, cognição, intencionalidade

1. Introdução

1.1. Justificativas e repercussões de se definir inteligência.

“A inteligência realmente possui um significado padrão, ou ela, no fim, significa o que nós queremos que ela signifique?”

(Sternberg e Kaufman, 2011)

A inteligência é um assunto fascinante. Não à toa, foi escolhido nessa pequena contribuição de sua compreensão que, nas próximas linhas que seguem esse capítulo, pretendo elaborar. Fascinante, pois permeia, como uma espécie de metalinguagem, qualquer tentativa de entendê-la. Para definir inteligência, é preciso, para se fazer jus a ideia que essa palavra carrega consigo, se utilizar dela.

Partindo do pressuposto que todo comportamento que se possa inferir essa qualidade, pelo menos para o ser humano, precisa ter em sua raiz uma fundamentação, epistemológica, ou seja, se basear nas reflexões filosóficas, sobre a natureza do conhecimento e as relações entre os sujeitos e os objetos de estudo que o consubstanciam. Parece ser relevante questionar-se como pesquisador, para quê, porque, ou por qual motivo ou empreendimento, definir inteligência sob essa perspectiva.

“Nevertheless, the meaning of either subjectivity or intelligence is not unproblematic. It would be unwarranted to presuppose that subjects are necessarily autonomous or identical to “persons” and to build a theory of plant subjectivity upon this shaky supposition. Philosophical reflection on subjectivity is, therefore, a sine qua non for biology.”

(Marder, 2012)

“Quando examinamos as mentes mais criativas da ciência do século XX, descobrimos que as maiores enfatizaram fortemente o ponto de que um laço estreito entre ciência e filosofia, é indispensável.”

(Frank e Philipp, 1957)

“Concordo plenamente com você sobre o significado e valor educativo da metodologia, bem como história e filosofia na ciência.”
[...] “Essa independência criada pelo discernimento filosófico é - na minha opinião - a marca da distinção entre um mero artesão ou especialista e um verdadeiro buscador da verdade.” [...]

(Einstein, Correspondência para Robert Thorton, 1944)

“Every human endeavour or pursuit has a philosophy guiding it. Since philosophy is essentially a cognitive, critical and reflective enterprise aimed at solving a problem, we think that every subject has its own philosophy. There is thus, the philosophy of science, of physics, of biology, of law, of history, of arts etc.”

“querying the results of scientific investigations will prevent science from becoming a dogma. This is one of the ways philosophy helps scientists to break new grounds.”

(Alozie, 1994)

Já que uma vez que se compreende o porquê de se fazer algo, se torna possível traçar um plano de ação coerente para idealizá-lo. E, reside aí, muito da importância desse discernimento a respeito de alguma justificativa em defini-la. Não curiosamente, pensadores e filósofos, majoritariamente, foram pioneiros desta empreitada.

“For Plato, it was the love of learning – and the love of truth; St. Augustine, on the other hand, believed that superior intelligence might lead people away from God. Thomas Hobbes in Leviathan went into more detail, arguing that superior intelligence involved a quick wit and the ability to see similarities between different things, and differences between similar things.” [...] “Some follow Aristotle’s proposal that it is

reason (French,1994), or symbolic thinking. Symbols are arbitrary signs with conventional meanings that are used to represent (stand for) other things or relationships between them, and that generally have conventionally accepted meanings. Another suggestion is that human intelligence is distinguished by the ability to develop complex, abstract, internally coherent systems of symbol use (Deacon, 1997). Others propose that it is creativity, such as is required to invent tools, or abilities associated with creativity, such as cognitive fluidity (combining concepts or ideas, or adapting them to new contexts), or the ability to generate and understand analogies (Fauconnier & Turner, 2002; Mithen, 1996). Still other proposals single out key abilities for dealing with the social world, such as demonstration teaching, imitative learning, cooperative problem solving, or communicating about the past and future. A related proposal is that the divide owes to the onset of what Premack and Woodruff (1978) refer to as theory of mind – the capacity to reason about mental states of others (Mithen,1998).”

(Sternberg, Robert J., 2000)

Modernamente, o discernimento de uma propositalidade nessa tarefa se torna necessário, sobretudo, para auxiliar-nos na aparente dificuldade que ela traz consigo, fornecendo desse modo uma linha de raciocínio a qual seguir. Já que, como ilustrado pelas citações acima, se trata de um assunto vastamente discutido e escrutinado por diversas formas de conhecimento ou pontos de vista, desde sua concepção como termo, até os dias atuais. Mas que ainda, indiferentemente a toda essa atenção, que resultou em uma enorme literatura sobre o tema, não possui uma compreensão consensual. Permanecendo desse modo ainda bastante mal explicado em sua totalidade.

“Muito não é conhecido a respeito da inteligência, e muito continuará além da compreensão humana por muito tempo. Sua natureza fundamental é vagamente compreendida, e os elementos da autoconsciência, percepção, razão, emoção e intuição são mascarados em mistério que cobrem a psique humana e desaparecem no religioso.”

(Albus, 1991)

“In spite of many books being written about intelligence there is no agreed definition.”

(Trewavas, 2005)

Por outra parte, esse discernimento também se torna valioso para que se possa agregar um significado mais amplo a essa pesquisa, permitindo talvez que o debate seja algo além de uma simples discussão a respeito de semântica. Sendo, mas não só, o viés terminológico trazido por cada ciência que analisa o fenômeno interpretado como “inteligência”, representante dos maiores pontos de discordância entre suas diferentes definições existentes.

“The initially promising idea unfortunately appears to have been reduced to a mere metaphor nowadays.”

(Cvrčková et. al, 2009)

“Olhando minuciosamente, parece haver quase tantas definições de inteligência, quanto “experts” solicitados para defini-la.” [...] “De fato, quando duas dúzias de teóricos proeminentes foram solicitados recentemente” [...], eles entregaram duas dúzias de definições diferentes em alguma maneira.” [...] “Apesar das definições diferirem, há características recorrentes; em alguns casos elas são explicitamente apontadas, enquanto que em outros casos, elas são mais implícitas.”

(Sternberg e Detterman, 1986).

“Despite a long history of research and debate, there is still no standard definition of intelligence. This has lead some to believe that intelligence may be approximately described, but cannot be fully defined.” [...] “Although there is no single standard definition, if one surveys the many definitions that have been proposed, strong similarities between many of the definitions quickly become obvious. In many cases different definitions, suitably interpreted, actually say the same thing but in different words.”

(Legg e Shane et. al, 2007)

O foco na especificidade de termos, em detrimento da similaridade das ideias centrais que esse termo possui, se torna contra-produtiva em uma perspectiva pedagógica e social. Pois nela, o entendimento e definição de uma palavra possui repercussões mais profundas que sua forma escrita ou falada, se tornando também parte de uma construção histórica, sociocultural. Muito disso por internamente, em cada indivíduo, constituir fundamento simbólico e representacional, sob qual repousa o pensamento subjetivo e comportamental.

“A referência ao significado da palavra linguagem utilizada em geral por Vygotsky na psicologia histórico cultural identifica a inadequação do termo a uma simples estrutura semântica composta por códigos sem função interativa. Inclui a perspectiva de a linguagem ter uma estrutura funcional e instrumental que possibilita aos sujeitos interagirem entre si. As funções da linguagem transcendem os limites da oralidade como ação motora, apontando-a como uma operação na atividade humana.”

(Bernardes, 2006)

Ou seja, de certo modo, o significado histórico-cultural de uma palavra, quando internalizado, ou compreendida por um indivíduo, é o que possibilitará suas interações gerais com essa ideia, inclusive na prospecção de suas diferentes aplicabilidades no mundo que o cerca. O que significa que, um entendimento a respeito de inteligência enviesado, específico e que não pode ser consensualizado, a não ser por sua característica subjetiva e situacional, representa uma barreira a ser superada caso se queira ampliar nossas possibilidades de interação com esse fenômeno. Assim como, por sua vez, uma compreensão mais holística e sistêmica da ideia implícita à inteligência, representa um maior escopo de possibilidades a serem testadas pela comunidade científica, melhorando assim, nossa capacidade de medi-la, entendê-la e aplicá-la praticamente.

“o paradigma de Sistemas Complexos tem oferecido um novo contexto para a interpretação e análise de comportamentos

inteligentes em diferentes sistemas biológicos.” [...] “Dentro do paradigma sistêmico, redes que podem manipular suas próprias informações são um requerimento básico para todas as formas de inteligência biológica.” [...] “a ideia de uma inteligência em plantas é perfeitamente compatível com a visão sistêmica da ciência, embora possa parecer absurda ou desnecessária para a ciência clássica reducionista.”

(Souza et al., 2009)

“Mas para mim, desde o início, nunca foi possível separar a leitura das palavras da leitura do mundo. Segundo, também não era possível separar a leitura do mundo da escrita do mundo. Ou seja, linguagem.”

(Freire, 2001, p. 56)

“A palavra é um signo utilizado para conduzir as operações mentais que objetivam solucionar os problemas encontrados. Trata-se de um exercício de abstração em um processo criativo, segundo Vygotsky (1993). “As relações estabelecidas entre palavras e objetos são concretas e reais, ao invés de abstratas e lógicas”.”

(Bernardes, 2006)

“A falta de uma única definição aceita de inteligência contribui para discordâncias a respeito de como avaliá-la.”

(Sternberg e Kaufman, 2011)

“contend that concentrating on the minutiae of what goes on in the deepest recesses of the cell may be fashionable, but it can teach us little of life in the round. It is organismal biology, whole cell biology, which sets the findings of molecular biologists in context. When we look at the living cell as an organism, wonderful realities emerge — and these will alter our very perception, not only of how single cells enact their intricate lives, but of what we, ourselves, truly are.”

(Ford, 2009)

E, sob a luz dessas perspectivas que fundamento minha justificativa sobre os questionamentos filosóficos que surgem ao estudar esse assunto, que já recebeu, e ainda recebe tanta atenção.

O “Por que” se definir inteligência, reside no instinto de buscar a verdade, ou na simples curiosidade inata sobre sua natureza, e na intencionalidade, como ser social, de compartilhar qualquer conhecimento que possa resultar em um processo pedagógico mais eficiente. Já o seu “Para Que”, baseia-se na relevância que o significado de uma palavra tem em nosso contexto prático, e na possibilidade que uma ressignificação de como entendemos uma ideia, tem de proporcionar o aumento qualitativo de como fazemos uso dela.

“[...] não pode existir uma prática educativa neutra, descomprometida, apolítica. A diretividade da prática educativa que a faz transbordar sempre de si mesma e perseguir um certo fim, um sonho, uma utopia, não permite sua neutralidade”.

(Freire, 2000, p. 37)

“Different concepts and imaginative approaches are used in science because they suggest new experiments, new conceptual approaches and throw new light on complex problems.”

(Trewavas, 2004)

“Most scientists now take seriously the flood of new evidence suggesting that other species share with humans some higher mental abilities.” [...] “There may even be practical applications. Studies of animal cognition and language have yielded new approaches to communicating with handicapped and autistic children. Some scientists are pondering ways to turn intelligent animals like sea lions and dolphins into research assistants in marine studies or into lifeguards who can save the drowning upon command.”

(Linden, 1993)

1.2. Sobre as problemáticas de se definir inteligência.

“A persistent and unresolved question in both professional theories and lay conceptualizations of intelligence has been whether an individual has one, overall level of “intelligence” or, instead, what we call “intelligence” is actually a set of several separate abilities.”

(Sternberg e Kaufman, 2011)

Não há consenso se a inteligência é um fenômeno que emerge do indivíduo como um todo, ou de cada uma de suas partes em conjunto. Entretanto é possível encontrar diversos autores, dos mais diversos campos de conhecimento, que partem da segunda suposição, principalmente em organismos unicelulares, ou de natureza modular, como vegetais.

“A goal for the future would be to determine the extent of knowledge the cell has of itself and how it uses that knowledge in a thoughtful manner when challenged’ [...] “There’s is no such thing as a central dogma into which everything will fit – any mechanism you can think of you will find – even if it is the most bizarre form of thinking. Anything. So if the material tells you ‘it may be this’, allow that. Don’t turn it aside and call it an exception, an aberration. So many good clues have been lost in that manner” (Barbara McClintock)”

(Marder, 2012)

Lynn Margulis, author of the endosymbiotic theory of organelle evolution, provides a more inclusive definition of consciousness and intelligence: “Not just animals are conscious but every organized being is conscious. In the simplest sense, consciousness is an awareness (has knowledge) of the outside world” (Margulis & Sagan, 1995).

(Marder, 2012)

We are taught that the brain controls everything that goes on in the body,” [...] “, we discover that most of the body’s cells are invisible to

the brain and are indifferent to its regulation. We encounter a novel model of the brain in which the neuron is viewed as an ingenious entity that ‘thinks’ within itself. The brain is not a ‘super computer’ but an entire community of them. We shall set the reductionism of molecular biology and the elementary mechanisms of genetics into a more realistic perspective and will recognize that the cell as organism matters above all. In future, whole cell biology should become the focus of the biosciences and the intelligent cell lies at its heart.

(Ford, 2009)

Nonetheless, recently, there has been a marked departure from the idea that intelligence is an emergent property of individuals in discussions of plant signaling and behavior, for example in the studies of swarming behavior in plant roots.

(Marder, 2012)

Considerando-se que plantas são fundamentalmente diferentes de animais, principalmente por essa sua natureza modular, séssil, e de certa forma “vagarosa” no sentido comportamental, e que a intenção deste trabalho é elucidar um ponto comum entre organismos tão distintos, o comportamento inteligente, faz sentido nos basearmos numa definição em que essas características não representem critérios que o neguem. Ou em outras palavras, definições que sejam abrangentes do ponto de vista biológico, e evitem o viés antropocêntrico, partindo do pressuposto que o fenômeno inteligência não é algo inalienável a outros organismos, emergindo da seleção natural como estratégia adaptativa mesmo nos unicelulares, ou até mesmo coloniais.

“Put in terms of common ancestry, and considering a ‘principle of evolutionary conservation’ (Bickle, 1999) — ‘evolution does not start from scratch’, so the dictum goes —, it makes sense to approach intelligence in an incremental and comprehensive manner. As a matter of fact, that minimal forms of intelligence exist across Eukaryota (Calvo & Baluška, 2015) is not breaking news anymore

(see Lyon, 2007 for E. coli and other prokaryotic forms of intelligence).”

(Calvo, 2016)

“Intelligence is based on how efficient a species became at doing the things they need to survive.”

(Darwin, 1871)

No entanto, torna-se válido mencionar, afim de aprofundarmos mais nossa discussão, que apesar da crescente mudança no paradigma das ciências cognitivas em geral, que tem cada vez mais voltado sua atenção a outros organismos nos últimos anos, a maior parte das definições usuais de inteligência, convencionalmente, possui o viés antropocêntrico. Oferecendo uma noção desse fenômeno, portanto, como algo restrito ao ser humano, graças sua posição “central”, no sentido de única, perante o universo. Ou, quando muito, a alguns animais que sejam suficientemente próximos filogeneticamente para apresentar características e comportamentos semelhantes, e que consideremos como relevantes a nossa espécie.

“Since antiquity, philosophers have argued that higher mental abilities [...] are the great divide separating humans from other species. Even to raise these questions challenges humanity's belief that it occupies an exalted place in the universe. Moreover, scientists have historic reasons to be skeptical of claims concerning animal intelligence.”

(Linden, 1993)

[...] “many definitions of consciousness and intelligence are inevitably anthropocentric and therefore hamper our efforts to see these qualities in other species.”

(Trewavas, 2011)

“The debate on ‘plant intelligence’ is unfortunately plagued with conceptual traps. Intelligence is usually cashed out in animal or anthropocentric terms, in such a way that plants plainly fail to meet the conditions for animal or human-like intelligence, for obvious but uninteresting reasons.”

(Garzón, 2007)

[...]” 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.”

(Soares, 2018)

[...]” behaviour and intelligence are expected to involve movement within our time frame. If it is not easily visible it is assumed to be absent. A further assumption is that behaviour and intelligence requires a nervous system, something that has been called brain chauvinism.”

(Trewavas, 2017)

Esse antropocentrismo, que permeia grande parte da investigação sobre assunto, ao passo que impede considerações relativas a subjetividade do objeto de estudo, o reduzindo a um mero autômato, ou algo hierarquicamente inferior, suposição que se mostra inverídica em diversos aspectos quando observamos mais atentamente seus comportamentos, se baseia, mas não só, em problemáticas que inferir inteligência a certos organismos economicamente relevantes traz. Uma vez que implicações políticas surgiriam, no que diz respeito o aspecto ético das práticas que os envolvem, como a experimentação científica, a agricultura e pecuária, por exemplo.

“Plantas desenvolvendo-se em um ambiente natural devem enfrentar inúmeras situações que demandam respostas eficientes para a garantia de sua sobrevivência. As interações planta-ambiente são de natureza complexa e imprevisível, fazendo com que a existência de respostas pré-programadas não seja muito provável.”

(Souza et al., 2009)

“The complexity of the plant environment ensures that no response is autonomic (a behavioral term requiring complete replication under all circumstances).”

(Trewavas, 2005)

“The chief cause behind the illusion of plant immobility is the difference in the time scales of human and plant lives. In everyday settings it is impossible to perceive the growth of plants, since many plant responses may take days or even weeks”

(Marder, 2012)

“Although they appear to be anchored in a place, plants incessantly explore their environments, maximizing their exposure to sunlight, avoiding or growing toward the roots of their neighbors and monitoring and responding to changing environmental conditions. The plants’ being-in-a-place is far from a passive inclusion in a locale. The places occupied by organisms are not objectively fixed; they are inhabited, differentiated and constructed in the course of organismic life and development.”

(Marder, 2012)

“Another unfortunate aspect of the debate was that many participants made little effort to distinguish scientific issues from political ones, Research findings were often assessed not so much on their merits or their scientific standing as on their supposed political implications.”

(Neisser, Ulric, et al. 1996)

“Marder (2012) questionou se é ético comer plantas. Ele prossegue questionando se seria moralmente permitido submeter à total instrumentalização seres que, apesar da falta de um sistema nervoso central, são capazes de aprendizagem e comunicação. Ou ainda: se deveríamos ficar indiferentes frente ao estresse que sujeitamos as plantas, já que o sofrimento animal nos causa extrema sentimento de pena e compaixão. Como plantas não expressam dor e sofrimento como os animais, pelos menos de forma que nos é perceptível como tal, a empatia se apresenta como não sendo uma base apropriada para considerações éticas em relação às plantas.”

(Souza et al., 2013)

Para complementar, tentativas de defini-la que buscam se esquivar desse viés, por essas motivações políticas, ou de natureza reducionista, oriundas da maneira determinista e cartesiana de pesquisar, frequentemente são alvos de críticas pela comunidade científica mais ortodoxa. Como por exemplo, de se basearem em “evidências científicas limitadas”, de “extrapolar de analogias” e de “ferir o princípio da parcimônia”.

“Todavia, em virtude do modelo mecanicista e reducionista da ciência clássica, ainda predominante em muitas áreas, e do dualismo cartesiano mente-corpo, seres vivos que não o ser humano e, em especial as plantas, são tratados como entidades desprovidas de capacidade cognitiva, cujas respostas são meramente mecânicas e pré-programadas, sem qualquer tipo de inteligência mais complexa (no caso de plantas, sem nenhum tipo de inteligência).”

(Souza et al., 2009)

De acordo com a análise desse grupo de pesquisadores críticos, as ferramentas e modelos usuais das disciplinas correntes, como a fisiologia vegetal, já explicam satisfatoriamente os fenômenos em questão. O que torna recorrer a metáforas antropomórficas, ou seja, que atribuam características e comportamentos típicos da condição humana aos demais seres vivos, afim de

talvez, compreendê-los melhor de nossa perspectiva, não só desnecessário, mas fútil e enganoso.

“We maintain that plant neurobiology does not add to our understanding of plant physiology, plant cell biology or signaling. We begin by stating simply that there is no evidence for structures such as neurons, synapses or a brain in plants. The fact that the term ‘neuron’ is derived from a Greek word describing a ‘vegetable fiber’ is not a compelling argument to reclaim this term for plant biology.” [...] “What long-term scientific benefits will the plant science research community gain from the concept of ‘plant neurobiology’? We suggest these will be limited until plant neurobiology is no longer founded on superficial analogies and questionable extrapolations”

(Alpi et al., 2007)

“Conforme Firm (2004) 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.”

(Soares, 2018)

“Our language lacks appropriate words. However, if new words are needed to describe how plants function, maybe we should invent new ones rather than trying to redefine existing ones.”

(Firm, 2004)

“Based on dictionary definitions, Firm argues that intelligence should be limited to comprehension, discernment and choice and dismisses the possibility for anything other than very advanced mammals.”

(Trewavas, 2004)

“Very recently, however, a number of researchers sceptical of the overall effort have teamed up in order to manifest their concern “with the rationale behind” the approach. In their view, the newly born discipline does not furnish plant sciences, writ large, with any deeper understanding that is not in principle empirically achievable by, say, plant physiology.”

(Garzon, 2007)

Além disso, a publicação do best seller pseudocientífico da década de 70 “A vida secreta das plantas” trouxe ainda mais controvérsia ao tópico. Sendo extremamente mal recebido pela comunidade científica e consolidando a posição acadêmica de ceticismo vigente, a respeito da complexidade no comportamento vegetal, até recentemente.

“Later, publicity from pop culture in the 1970s, generated by the controversial book ‘The Secret Life of Plants’ (including paranormal claims that plants are attuned to human emotional states), stigmatized any possible similarities between plant signaling and animal neurobiology. Many plant biologists, wittingly or unwittingly, practiced a form of self-censorship in thought, discussion and research that inhibited asking relevant questions of possible homologies between neurobiology and phytobiology.”

(Brenner et al., 2006)

“In 1973, a book claiming that plants were sentient beings that feel emotions, prefer classical music to rock and roll, and can respond to the unspoken thoughts of humans hundreds of miles away landed on the New York Times best-seller list for nonfiction. “The Secret Life of Plants,” by Peter Tompkins and Christopher Bird, presented a beguiling mashup of legitimate plant science, quack experiments, and mystical nature worship that captured the public imagination at a time when New Age thinking was seeping into the mainstream.” [...] “In the ensuing years, several legitimate plant scientists tried to reproduce the “Backster effect” without success. Much of the science in “The Secret Life of Plants” has been discredited.”

(Pollan, 2013)

Por sua vez, defensores da noção de inteligência como um fenômeno evolutivo essencialmente emergente e comum as diversas formas de vida, em discordância, usufruem ou usufruíram historicamente do valor de metáforas antropomórficas em sua compreensão.

“The tip of the root having the power of redirecting the movements of the adjoining parts acts like the brain of one of the lower animals receiving the impressions of sense organs and directing the several movements.”

(Darwin, 1880)

Mais que uma mera metáfora, essa ideia exprimia uma analogia entre sistemas vivos de diferentes naturezas referindo-se aos seus modos de relação com o ambiente. Ambos os sistemas possuem sistemas de captação e processamento de informação, levando a um comportamento coerente em função do estímulo recebido.

(Souza et al., 2009)

“The prohibition against anthropomorphizing plant function, perpetuated ignorance of the work of outstanding researchers such as Sir John Burdon-Sanderson, Charles Darwin, Wilhelm Pfeffer, Georg Haberlandt and Erwin Bunning.”

(Brenner et al., 2006)

Modernamente, argumentam que essas metáforas auxiliam no entendimento dos fenômenos que permanecem desconhecidos, ou mal compreendidos, estimulando a criatividade necessária para se desenvolver metodologias investigativas inovadoras, e talvez, mais eficientes ou adequadas do que as elaboradas dentro de uma perspectiva determinista. Ou seja, de maneira resumida, eles objetivam também superar o simples debate semântico dos termos, fomentando assim novas e mais amplas possibilidades teóricas e de aplicação.

“Metaphors, specifically conceptual metaphors, encompass the tools that help us to comprehend one thing in terms of another... [and thereby] shape our view of the world. (Geary 2012, 2) Although frequently associated with literary flourishes, metaphors are pervasive rather than optional, necessary rather than “nice”. (Ortony, 1975). They organize our experiences and everyday activity, they “guide our

perceptions and interpretations of reality... [and] facilitate and further our understanding of the world.” (Cornelissen et al. 2008, 8). Lakoff and Johnson (1980, 3) argue that “our ordinary conceptual system, in terms of which we both think and act, is fundamentally metaphorical in nature.”.

(Young, 2013)

Plant biology has borrowed many words that were originally designed to describe purely human characteristics because the botanical process examined was analogous. The plant ‘vascular system’ containing ‘veins’ and ‘vessels’ is analogous in function to the human vascular system, but the mechanisms whereby each works are entirely different. Hairs, stress, arms race, battles, pathways, cross talk and foraging are a few other borrowed words, and there are many more.

(Trewavas, 2009)

“O parco conhecimento dos processos,” [...] “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” [...]

(Soares, 2018)

[...] “Afirmam” [...] “Não estarem tão preocupados com terminologias,” [...], “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 particularmente nos dias de hoje, com novas tecnologias disponíveis.”

(Soares, 2018)

“a capacidade de explicações deterministas perdeu força frente aos fenômenos complexos (Mitchell, 2009), principalmente no que tange aos fenômenos biológicos, abrindo o caminho para que se levantasse uma perspectiva sistêmica do estudo científico da natureza.”

(Souza et al., 2013)

Também argumentam a respeito da ineficiência proporcionada pelo determinismo, reducionismo e mecanicismo do atual paradigma científico na compreensão de fenômenos complexos, como a inteligência, ou os de natureza biológica. Ou seja, fenômenos que envolvem diversos agentes interagindo entre si. Em suas análises, apontam que a inteligência requer para se manifestar um aporte de estímulos situacionais, muitas vezes, irreplicáveis, nem qualitativamente, nem quantitativamente, quando fora de um ambiente natural, e experimentalmente em um laboratório.

“In general, the problem with reductionist approaches is the failure to recognize that the lower-level branches, conceptually speaking, only make sense in a higher-level (tissue, organ, system, social, etc.) context.”

(Garzon, 2007)

“Mechanistic beliefs assume that behaviour is simple and most organisms merely show reflexes. This attitude is the result of experimental investigations that force organisms to behave in particular ways and have led to erroneous conclusions about the behaviour of organisms in their natural environments.”

(Trewavas, 2011)

“Some plant scientists think that plant behavior is autonomic because on providing the same strength of signals and laboratory situation, the averaged response looks similar. But autonomic responses are fixed, they cannot vary according to circumstances. However it can be added that if a person was confined without water for 3 days, the intelligent response on placing water in the cage is entirely predictable but hardly what one would regard as autonomic.” [...] “Plant scientists experimentally impose signals (such as water depletion) until they gain a reproducible response, a direct parallel to that of the thirsty human. In most signaling situations, no-one signal overrides all others.”

(Trewavas, 2005)

Além de apontarem que as análises estatísticas, que corroboram o ceticismo a respeito dessa noção, uma inteligência não humana, desconsideram a variação individual, sempre presente entre os sujeitos analisados. Normalizando e simplificando erroneamente as discrepâncias individuais através de médias e frequências modais, considerando-as como um simples desvio padrão, ou algum erro experimental que por ventura possa ter ocorrido.

“One response that commonly figures in this argument is the text-book bending of seedling roots to the vertical vector of gravity when the seedling is initially placed horizontally. Because it is easy to demonstrate, it is always assumed to be entirely uniform and autonomic. But no such uniformity of response actually exists between individuals except as a statistical average.”

(Trewavas, 2005)

“Equally important is the individuality with which each plant constructs its response (Trewavas 1998). Such behavior is normally disguised when statistics are inappropriately applied to responses and averaged over many plants.”

(Trewavas, 2005)

1.3. Definindo “inteligência vegetal”.

“The notion of plant intelligence is not new. Darwin [...] concluded, ‘The tip of the root having the power of redirecting the movements of the adjoining parts acts like the brain of one of the lower animals receiving the impressions of sense organs and directing the several movements’. Von Hartmann [...] reported in 1875. ‘If one sees how many means are here to attain the same end, one will be almost tempted to believe that here dwells a secret intelligence which chooses the most appropriate means for the attainment of the end’. Frits Went the discoverer of auxin a major plant hormone in the early

1930s, concluded 'In tropistic movements, plants appear to exhibit a sort of intelligence; their movement is of subsequent advantage to them'. The nineteenth century German scientist, von Liebig (discoverer of the mineral requirements of plant growth) was quoted by Weaver in 1926 as saying, 'Plants search for food as if they had eyes'"

(Trewavas, 2017)

Partindo do ponto de vista que a inteligência é um fenômeno complexo, emergente e em comum entre os organismos diferentes ao homem, e não obstante as dificuldades que permeiam todo o debate. Para que possamos finalmente dar continuidade e definir inteligência vegetal de forma a minimizar o antropocentrismo que o primeiro termo carrega normalmente, há grande valor em verificarmos o conjunto de ideias que pertence sua origem etimológica.

Investigar esse seu significado normativo e generalizado nos possibilitará a reflexão que muitas das ideias centrais atreladas a palavra, sua simbologia geral, permaneceu de certa forma semelhante nas definições posteriores que a palavra inteligência veio a ter, sendo ela ampla ou restrita ao homem. O que pode vir a ser útil para nossa interpretação, pois torna possível que, ao invés de permanecer na discussão minuciosa entre as diferenças específicas de cada definição, possamos desenvolver uma mais abrangente, sob o jugo das similaridades compartilhadas entre elas, que servirão como “palavras-chave” dentro de nossa compreensão.

De acordo o dicionário, do latim *intellegentia* (“ação de discernir”, “faculdade de compreender”), essa palavra é uma derivação de *intelligere* (“perceber”, “compreender”). Que por sua vez é composta por dois termos distintos: *intus* (“entre”) e *legere* (“escolher”, ou “ler” no sentido de “juntar” ou “reunir”). Sendo assim, seu significado histórico, generalizadamente, faz referência a habilidade individual de discernir e escolher uma resposta apropriada, frente a determinada ocasião. Critérios que são recorrentes, direta ou indiretamente, nas diferentes tentativas de defini-la realizadas ao longo dos anos.

“Talvez a característica básica em comum dessas definições é a de que inteligência é vista como a propriedade de um indivíduo que está interagindo com um ambiente externo, problema ou situação. De fato, pelo menos esse tanto é comum em praticamente todas as definições de propostas.” [...] “Outra característica em comum é a de que a inteligência de um indivíduo está relacionada com sua habilidade de prosperar ou “lucrar”. A noção de sucesso ou lucro implica a existência de uma espécie de objetivo, ou meta. O que ela é, não é específico, e de fato, metas individuais podem variar. A coisa importante é que o indivíduo é capaz de cuidadosamente escolher suas ações de uma forma que os leve a cumpri-la. Quanto melhor essa capacidade em diferentes objetivos for, maior a inteligência desse indivíduo.”

(Legg e Hutter, 2007)

De uma outra maneira, resumidamente:

“(1) Uma propriedade que um indivíduo possui ao interagir com seu ambiente

(2) É Relacionada com a habilidade desse indivíduo de prosperar, ou lucrar, a respeito de alguma meta ou objetivo; e

(3) É dependente do quão apto esse indivíduo é em se adaptar a diferentes objetivos ou ambientes”

(Legg e Hutter, 2007)

Ou, ainda, em termos biológicos:

“Category 1. This is simply behaviour. [...]”

Category 2. The goal for any wild organism is ultimately fitness and is equated to numbers of surviving siblings. The ability to profit from learning and memory and thus improve subsequent behaviour increases the chances of survival of the individual. Darwin considered selection to take place at the level of the individual. The whole life

cycle is subject to overall selection and fitness and intelligent behaviour becomes a critical part of subsequent fitness.

Category 3. The linking with environmental variation is crucial here. What is intelligent in one environment may not be so in another. [...] it is the ability to improve behaviour through experience and thus be adaptively variable through a multiplicity of different environments while continuing development throughout the life cycle.”

(Trewavas, 2017)

Discernir algo não seria possível sem um sistema cognitivo, ou seja, maneiras de perceber, tanto a si, quanto a seu ambiente. Portanto é lógico inferirmos que a cognição, em algum nível, está relacionada a inteligência, assim também como a intencionalidade, nossas duas principais palavras-chave. Intencionalidade também, pois escolher algo a partir de um discernimento pressupõe, por parte desse indivíduo, metas, ou objetivos, que o motive a optar dentre distintas possibilidades comportamentais, uma que julgue adequada, aos estímulos percebidos, e a sua intenção.

“At a minimum, intelligence requires the ability to sense the environment, to make decisions, and to control action.” [...] “may include the ability to recognize objects and events, to represent knowledge in a world model, and to reason about and plan for the future.” [...] “provides the capacity to perceive and understand, to choose wisely, and to act successfully under a large variety of circumstances so as to survive, prosper, and reproduce in a complex and often hostile environment.”

(Albus, 1991)

“The more we learn about nonhuman intelligence, however, the more we find that abilities previously thought to be uniquely human are not.”

(Byrne, 1994)

A respeito de “Cognição”, trataremos como o conceito de “Embodied Cognition”, ou o processo, ou a capacidade de adquirir conhecimento compartilhado pelos organismos vivos. Em outras palavras, a forma como o organismo percebe, aprende, recorda e organiza toda informação captada através de sua experiência sensorial, sejam elas de natureza endógena, ou exógena, e as utiliza. Baseando seu comportamento no momento, e o projetando em situações futuras. Portanto um processo que envolve a percepção e diferenciação espaço-temporal de si e do ambiente, pelo qual os organismos respondem e armazenam as interações com o meio em que vivem.

“Embodied Cognition takes perception-action as its major focus, and within this embodied perspective, most animal and even bacterial behavior can be considered cognitive in a limited form. Embodied Cognition stresses the fact that free-moving creatures are not simple, hardwired reflex automatons but incorporate flexible and adaptive means to organize their behavior in coherent ways”

(Garzòn, 2009)

“Living systems are cognitive systems and living as a process is a process of cognition. This statement is valid for all organisms with and without a nervous system.”

(Maturana, 1970)

[...] “when a cognitive scientist looks at the neural architecture that gives rise to animal cognition, he/she finds the same sort of problems that Firm identifies with regard to plants. As animals grow and develop attention is paid to many different processes at layers of organization that range from the subcellular level to the level of tissues and organs.” [...] “Biologically plausible forms of learning, such as Hebbian learning, exploit correlated neural activity among neighbouring processing units.” [...] “Learning thus consists in the local adjustment of synaptic patterns of connectivity.” [...] “This way, no individual as such shows up in the cognitive equation that accounts for memory and learning.” [...] “In short, it is the interactions that take place among

processing units where the emergence of intelligence or cognition resides.”

(Garzon, 2007)

Já intencionalidade, consideraremos a perspectiva fenomenológica, tratando-a como a propriedade que emerge em um determinado indivíduo, quando se relaciona ao ambiente que vive, de ser deliberadamente, ou seja, de maneira calculada e não automática, dirigido a algum objeto. Seja esse objeto real, como nutrientes, ou abstrato, como “prosperidade”, ou “fitness”.

“At the origins of phenomenology, intentionality was conceived as “consciousness of...” or, in strikingly spatial terms, as “directedness toward...” To be conscious is to intend something, that is to say, to be directed toward the intended object (the metaphysical concept this notion supplants is “will”)

(Marder, 2012)

“it is a matter not only of receiving but also of interpreting the signals and deciding among conflicting signals in a non-automatic manner. Intentionality here assumes the more colloquial sense of a deliberate prioritization and choice of some intended objects over others.”

(Marder, 2012)

“there is a significant overlap between the concept of intentionality and the sphere of attention. Both imply selectivity: a particular signal or object stands out from the undifferentiated background of other stimuli and thus becomes meaningful.”

(Marder, 2012)

Vegetais aparentam corresponder a esses dois critérios principais. Enquanto procuram permanecer vivos, saudáveis, além de obter sucesso reprodutivo, o que pode ser entendido como uma espécie de intenção compartilhada pelos organismos vivos como um todo. Possuem também um

complexo aparato cognitivo para o auxiliar nessa busca, percebendo e respondendo precisamente, e de maneira eficiente, a muito mais estímulos endógenos e exógenos do que animais, inclusive. Além de um extenso repertório comportamental, não automático, para a resolução de problemas que o impeçam de alcançar seu “objeto de desejo”.

“Sensitive to a manifold of environmental signals, plants construct their own life-world through those stimuli that are most salient to them. What comes into their sphere of attention and is, thus, imbued with meaning will, in most instances, diverge from what an animal would be attentive to.”

(Marder, 2012)

“Em um ambiente natural, há em torno de dez sinais abióticos e pelo menos seis sinais bióticos que são normalmente sensíveis à planta. Se considerarmos que as plantas podem distinguir apenas cinco níveis de intensidade em cada categoria e os sinais variam independentemente, então o número de ambientes possíveis seria da ordem de 10 elevado a oitava potência.”

(Souza et al., 2009)

Todavia, por seu estilo de vida diferenciado, esses dois critérios se evidenciam, ou emergem e são observáveis, através de relações e comportamentos essencialmente característicos a eles, e, portanto, diferentes aos de animais, por exemplo. Sendo subjetivos às problemáticas específicas enfrentadas por esses organismos ao decorrer de sua vida, assim como os já superados no decorrer de sua história evolutiva.

“According to Bell et al., both roots and shoots located at the ends of branches, or “spacers,” are projected into habitat space in search of optimal feeding sites. Spacers are; indeed, the organic exemplars of plant intentionality and they create the sense of space for a plant that is far from an impassive thing-like being deposited in the environment.”

(Marder, 2012)

“Monitoring moisture levels in the soil or the levels of threat from a predator attack are significant to plants because these factors bear directly upon their survival, just as being attentive to passing vehicles before crossing a busy road is existentially important for human subjects.”

(Marder, 2012)

Em outras palavras, é possível observar a cognição e intenção em vegetais, desde que consideremos que sua interação com o ambiente requer, na maioria das vezes, estratégias e comportamentos adaptativos bem divergentes daqueles necessários a maior parte dos animais que consideramos inteligentes.

“When animals intend something, they enact their directedness-toward by moving their muscles; when plants intend something, their intentionality is expressed in modular growth and phenotypic plasticity. Plant and animal behaviors are the accomplishments of the goals set in their respective intentional compartments.”

(Marder, 2012)

Inteligência vegetal, portanto, deve ser medida, avaliada e caracterizada através de uma “perspectiva vegetal”, ou pelo menos considerando o que pode ser relevante, ou importante para esses organismos, o quão efetiva e essa estratégia comportamental na resolução de problemáticas que possam surgir durante sua busca por isso. Além do nível de complexidade, capacidade responsiva, eficiência e engenhosidade de seu aparato cognitivo, quando relacionado aos fatores que permeiam esse objetivo.

“Behavior can be defined as the response of organism to signals and is fundamentally different between most plants and animals.”

(Silvertown e Gordon 1989).

“Bilhões de anos atrás, a célula vegetal primordial resolveu problemas relacionados a sua aquisição de energia por uma relação simbiótica com algas azuis e vermelhas fotossintetizantes. Por luz ser abundante pela superfície da terra, movimento deixou de ser imperativo para a evolução dos vegetais que desenvolveram essa relação. Ao invés disso, o requerimento de absorver luz, minerais e água, dirigiu sua evolução morfológica para melhor ocupar o espaço, portanto, alimento e recursos.” (Trewavas, 2003)

“Uma estrutura ramificante, com crescimento apical de repetições metaméricas, parece ter sido a estratégia mais eficiente para isso.” (Trewavas 2003, apud Harper 1977; White 1984)

“Além disso, por serem a base de muitas cadeias alimentares, uma estruturação metamérica vantajosamente permite que elas se recuperem eficientemente de ferimentos ou herbivoría, o que resultou em uma modesta especialização de seus órgãos, pelo mesmo motivo.” (Trewavas 1986). Em comparação:

“The primordial animal cell satisfied energy requirements by eating plants but this required movement to find the food. With time and the development of the forcing evolutionary driver of predator–prey relations in animals, complex sensory organs, muscles to move and complex nervous systems to rapidly coordinate both activities, appeared. Improvements in the speed of catching engendered improvements in the speed of escape.”

“These qualitative developmental differences between plants and animals are crucial for understanding plant intelligence.”

(Trewavas, 2005)

Vegetais, portanto, desenvolveram formas características de se comportar, ou de discernir e “demonstrar direcionamento a”. Por seus estilos de vida, e história evolutiva, podemos considerar que o comportamento para

animais, envolve movimento, enquanto que para vegetais, envolve o que conhecemos como plasticidade fenotípica.

“plant behavior, that is phenotypic plasticity, (underpinned by physiological and molecular plasticity) is initiated in response to a complex of abiotic and biotic environmental signals. [...] Much of this behavior may have its basis in an ability to internally model the approach to potential rich sources of resources.”

(Trewavas, 2005)

Isso quer dizer que, se plantas são inteligentes, ou possuem comportamentos que podemos inferir a “qualidade de”, necessariamente ela emergirá dessas adaptações, ou comportamentos, que o vegetal exhibe durante seu desenvolvimento, quando frente a um obstáculo que, de qualquer forma, o impeça de alcançar algum objetivo.

“Biologists suggest that intelligence encompasses the characteristics of detailed sensory perception, information processing, learning, memory, choice, optimization of resource sequestration with minimal outlay, self-recognition, and foresight by predictive modeling. All these properties are concerned with a capacity for problem solving in recurrent and novel situations. individual plant species exhibit all of these intelligent behavioral capabilities but do so through phenotypic plasticity, not movement.”

(Trewavas, 2005)

Aqui, se faz necessário mencionar sobre o comportamento de plantas, ou plasticidade fenotípica, que apesar de organismos, como animais, também adaptarem-se fenotipicamente, há uma enorme diferença entre essa sua capacidade, e a de vegetais. Uma vez que essa capacidade exibida por plantas, é significativamente mais plástica e reversível ao decorrer de sua vida.

“The sessile plant requires a morphological and developmental pattern that enables exploitation of local minerals, light and water.

Since the environment is a variable and often unpredictable quantity for any individual plant, development continues throughout the life cycle and is necessarily plastic if proper exploitation and growth are to be achieved. Plasticity is from all examinations adaptive (Sultan, 2000)”

“many mature plants can be reduced to a single bud and root and regenerate to a new plant with a different structure determined by the new environmental circumstances.” [...] “In contrast, much animal development and differentiation is confined to a uterus or egg, is minimal in the adult form and, as a consequence, is often described as unitary. Plant development is clearly modular, highly polarized through tip growth, and often exhibits complex branching patterns to enable proper resource exploitation that continues throughout the life cycle.”

(Trewavas, 2003)

Baseado no demonstrado até então, para que possamos verificar as evidências já observadas experimentalmente, que corroboram a possibilidade de uma inteligência vegetal. Proponho a seguinte definição para esse trabalho:

“Inteligência é um comportamento intencional, guiado pelo processo de cognição, que evidencia estratégias adaptativas precisas e efetivas na resolução de problemáticas relacionadas a manutenção de seu “fitness”, como as relacionadas a sua sobrevivência, prosperidade e reprodução.”

2. Evidências

“Plant behaviours have been characterized as simpler than those of animals. Recent findings challenge this notion by revealing high levels of sophistication previously thought to be within the sole domain of animal behaviour.”

(Karban, 2008)

Sob a luz da definição proposta, e dos critérios que recorrentemente biólogos relacionam ao comportamento inteligente, pretendo nas próximas linhas compartilhar evidências que argumentem a respeito da possibilidade de considerar, biologicamente, plantas como organismos que se comportam inteligentemente.

“Biologists suggest that intelligence encompasses the characteristics of detailed sensory perception, information processing, learning, memory, choice, optimisation of resource sequestration with minimal outlay, self-recognition, and foresight by predictive modeling. All these properties are concerned with a capacity for problem solving in recurrent and novel situations.”

(Trewavas, 2005)

Plantas na natureza modulam seu comportamento em relação ao seu ambiente via interpretação de sinais bióticos e abióticos; O objetivo ou intenção desse comportamento é fitness, sendo a quantidade de sementes produzidas, sua expressão. Os organismos mais bem-sucedidos, portanto, mais adaptáveis, produzem mais descendentes; e; Fitness depende da habilidade com que cada organismo melhor se adapta ao seu ambiente durante seu ciclo de vida

(McNamara e Houston, 1996)

2.1. Cognição

“Intelligent behaviour requires the plant to be as sensitive to as many signals issuing from its environment and take necessary action to optimize its fitness chances. The range of plant sensitive signals is similar to those of the five familiar human senses of taste, vision, touch, sound and smell.”

(Trewavas, 2003)

“because plants are sessile organisms, they may perceive more environmental signals and with greater sensitivity and discrimination than the roaming animal.”

(Trewavas, 2009)

Para considerarmos que se comportam de fato dessa maneira, parece ser relevante, primeiro, entendermos um pouco de seu processo cognitivo. Ou como esses organismos buscam informação a respeito do seu ambiente e de sua própria condição interna, como modelam, atribuem importância, transmitem internamente e armazenam essas informações no decorrer do tempo, além de como regulam suas atividades de maneiras que sejam apropriadas, e não automáticas, a todas essas leituras de estímulos. Por exemplo:

“Ao nível morfológico, quando há recursos e tempo suficientes, espera-se que as plantas desenvolvam uma grande infraestrutura de ramos que permitam uma eficiente adição de ramos laterais inferiores em uma fase posterior. Em contraste, pequenas ou menos previsíveis oportunidades evocam um acréscimo mais lento de folhas individuais existentes nos ramos, ou menores e menos custosas raízes efêmeras na estrutura radicular já existente. No nível fisiológico, exposições mais longas e previsíveis para alta ou baixa luminosidade podem desencadear importantes mudanças duradouras no conteúdo de ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/ oxigenase (Rubisco), por exemplo, enquanto mudanças mais efêmeras por sua vez, são esperadas por evocar alterações reversíveis mais rápidas nas taxas de transporte de elétrons, por exemplo (VALLADARES; NIINEMETS, 2008).”

(Macedo, 2011)

Essa variância demonstrada em suas respostas adaptativas, que lhes permite estrategicamente discernir entre ramificar-se, se movimentar em uma direção, ou responder apenas em nível fisiológico e bioquímico, demonstra que, de certa forma, vegetais são capazes de decidir como se comportar. E o fazem baseando-se na leitura entre condições internas e externas do próprio indivíduo em questão.

Estímulos, como mencionado, podem ser bióticos ou abióticos, e em um ambiente natural, variam consideravelmente em quantidade e qualidade, o que, devido a toda complexidade de situações possíveis, torna pouco provável a possibilidade de respostas pré-programadas e automáticas pelo vegetal. Isso significa que para a manutenção do “fitness” desses organismos, relativamente sésseis, ou seja, sem a opção de fuga, são necessários, primeiramente, mecanismos sensitivos que o permitam discriminar, ou perceber e diferenciar, a maior quantidade de estímulos possíveis. E devem o fazer eficientemente e de maneira precisa.

“Plants are sensitive to a variety of signals, which include not only water, light, minerals, and gravity, but also soil structure, neighbor competition, herbivory, allelopathy, and wind, to name but a few. Likewise, plant roots can, for instance, sense volume, discriminate self from alien roots, and allow for phenotypic root reordering as a function of competition for nutrients. We shall not attempt to provide a full review of all competencies. In fact, the list of signals, both biotic and abiotic, that plants can sense and integrate is ever growing. If 15 different signals had been identified (Trewavas, 2003), the list has now grown to 22 different vectors (Trewavas, 2008), and counting!”

(Garzòn, 2011)

“the initial changes in plant cells after signaling, either as action potentials or changes in cytoplasmic Ca^{2+} occur at speeds little different to those in animals.”

(Trewavas, 2017)

Assim como uma considerável capacidade computacional, que seja capaz de modelar essa enorme complexidade de sinais percebidos em alguma decodificação significativa. Que atribua um julgamento a estrutura sensível sobre a importância relativa, não só a toda essa informação exógena recebida, mas também as oriundas de seu estado interno. Para que com isso, possa fundamentar estrategicamente, a partir daí, e caso haja a necessidade, qual comportamento efetuar em resposta ao que foi decodificado significativamente entre essas duas fontes de informação.

São vários os modos com que vegetais podem realizar essa computação. Abaixo estão alguns de seus mecanismos já conhecidos.

“Many metabolic steps act like Boolean computer logic gates, such as AND, OR and NOR, and have been described as chemical neurones (ARKIN, 1994), (HJELMFELT, 1992), (OKAMOTO, 1987).

Assembling several chemical neurons together enables pattern recognition (HJELMFELT, 1993).

Proteins can act as computational elements (BRAY, 1995).

There are ~1000 protein kinases in both animals and plants, providing the capability for numerous complex elements of control, switching mechanisms and interacting positive and negative feedback controls (BHALLA, 2002), (CHOCK, 1997), (INGOLIS, 2002).

Such chemical metabolic systems parallel the capabilities of simple artificial neural network structures as a set of on/off switches with feedback (HOPFIELD, 1982), (HOPFIELD, 1986), on which they are modelled (HJELMFELT, 1991) (HJELMFELT, 1992).”

(Trewavas, 2005)

Seguindo essa linha de raciocínio, há necessidade também, por ser um organismo multicelular, de mecanismos que sejam capazes de transmitir integradamente, para suas outras partes, a significância atribuída a esse estado interno.

Apesar de não ter sido observado ainda um tecido centralizado de controle, vários procedimentos cirúrgicos, assim como estresse por recursos, ou exposição de uma parte da planta a níveis diferentes de recursos, induzem mudanças específicas no crescimento e desenvolvimento em outras partes do vegetal. O que indica a comunicação do estímulo.

Estudos posteriores demonstraram que muito dessa sinalização ocorre não só entre células, mas entre tecidos e órgãos também, e que a informação que está sendo sinalizada é de uma complexidade extraordinária.

“Communication involves nucleic acids, oligonucleotides, proteins and peptides, minerals, oxidative signals, gases, hydraulic and other mechanical signals, electrical signals, lipids, wall fragments (oligosaccharides), growth regulators, some amino acids, secondary products of many kinds, minerals and simple sugars (Bose, 1924; Gilroy and Trewavas 1990, 2001; Jorgensen et al., 1998; Sheen et al., 1999; Mott and Buckley, 2000; Sessions et al., 2000; Kim et al., 2001; Nakajima et al., 2001; Brownlee, 2002; Haywood et al., 2002; Takayama and Sakagami, 2002; Voinnet, 2002; references on growth regulators in Quatrano et al., 2002). Transcripts can even move between graft unions (Kim et al., 2001). From the current rate of progress, it looks as though plant communication is likely to be as complex as that within a brain. The demonstration of macromolecule movement between cells is of considerable significance because it enables substantial amounts of information to be built into the signal if needed; thus complex information can be encoded in the signal.”

(Trewavas, 2003)

Entretanto, numerosas pesquisas conduzidas nos últimos anos demonstraram que ela pode ser efetuada não só de maneira bioquímica, como pensado uma vez. Mas também por, pelo menos até a data de publicação desse trabalho, duas formas de natureza elétrica.

“There are two types of electrical long-distance signals in plants: action potentials (APs) and slow wave potentials (SWPs) or variation potentials (VPs). (Trebacz, K. et al., 2006); (Stahlberg, R. et al., 2006). Both appear as transient depolarizations in the membrane potential of affected cells, both signals share a refractory period, a time interval necessary before another signal can be induced or propagated. However, whereas APs are induced after the membrane potential of a cell drops beyond a certain threshold value (implying a crucial role of voltage-gated ion channels), SWPs (VPs) are induced by rapid turgor increase. APs follow an all-or-nothing principle in producing constant, full amplitudes, whereas SWPs (VPs) are graded signals of variable size. While calcium, chloride and potassium channels are involved in the ionic mechanism of plant APs, VPs are thought to involve the transient shut down of the P-type H⁺ ATPase in addition to the possible involvement of unidentified ion channels.”

“Traps of *Dionaea* flytraps and *Aldrovanda vesiculosa*, as well as of some lower plants, possess omnidirectional action potentials (APs) similar to cardiac myocytes (TREBACZ et. AL., 2006). More common among higher plants are APs that are directionally propagated in vascular bundles along the plant axis. The second type of electrical long-distance signals is slow wave potentials (SWPs) also known as variation potentials (VPs). (STAHLBERG et. AL., 2006) SWPs are unique to plants; they follow hydraulic pressure changes that use the vascular bundles (xylem) for propagation over long distances along the plant axis.”

(Brenner et al., 2006)

Esses dois tipos de potencial diferem em velocidade de propagação, duração de sinal, e conteúdo de informação, o que demonstra que plantas possuem um complexo controle na transferência de suas informações captadas.

“Action potentials in plants can move from 0.5 to 40 cm/sec, and the distance covered may be helped by the recently described system potentials (Choi, Hilleary, Swanson, Kim, e Gilroy, 2016; Zimmermann et al., 2016).”

“Variation potentials are at least 20 fold slower in transmission and may last up to 30 min, influencing surrounding cell behaviour during this time period. Variation potentials are also dose dependent and more localized near to the site of stimulation (van Bel et. al., 2014)”

“These two phytoneurological signals (action and variation potentials) rapidly separate from each other following signal initiation. Specific information may thus be conveyed by the separation of distance between these two phytoneurological signals, as well as amplitude, duration and profile, which appear also to be signal specific. Voltage-gated (Ward, Mäser, & Schroeder, 2009) and mechanosensitive channels (Hamilton, Schlegel, & Haswell, 2015) are present in the phloem (Volkov, 2012). Action potentials are initiated” [and] “as membrane potential declines. Plasmodesmata transmit the excitable state and variation potentials”

(Trewavas, 2017)

Como podemos ver, sua detalhada percepção, capacidade computacional e complexa forma de sinalizar a longa distância, ilustram que é de extrema importância para um vegetal entender, ou imputar algum sentido, mesmo que em seus próprios termos, aquilo que experimenta durante sua vida. “Fazer sentido”, nesse contexto, pode ser entendido como opera seu processo assimilativo, ou de aprendizagem, e nas relações desse processo com o tempo. O que nos leva aos fenômenos sistêmicos e emergentes de memória e modelagem preditiva.

“Learning and memory are the two emergent (holistic) properties of neural networks that involve large numbers of neural cells acting in communication with each other. But, both properties originate from signal transduction processes in individual neural cells. Quite remarkably, the suite of molecules used in signal transduction are entirely similar between nerve cells (Kandel, 2001) and plant cells (Gilroy and Trewavas, 2001)”

(Trewavas, 2003)

“Connections within the network generate emergent properties” [...] “they provide for simple decisions, that coherently interacting together with other cells, generate emergent tissue and in turn whole plant behaviors. Information flow leads to modifications of gene expression and changes in ion flux modify turgor pressure. The critical feature in all such transduction networks is the ability to alter the strength of connections and thus control the direction of information flow (Vertosick 2002).”

(Trewavas, 2005)

“Learning requires the enhancement of particular pathways of information flow through the network; memory is simply, in turn, the semipermanent modifications in the speed and direction of the flow of information thus induced by learning.”

(Trewavas, 2005)

“The sine qua non of behavioral intelligence systems is the capacity to predict the future: to model likely behavioral outcomes in the service of inclusive fitness” (La Cerra and Bingham 1998).“ [...] “The term “predictive modeling” is used to describe this behavior. Current and novel environmental situations, individual cells, tissues and whole plants model the cost/benefits of particular future behaviors, so that the energetic costs and risks do not exceed the benefits that adaptive behavior procures. Such modeling takes place on an adaptive representational network that is an emergent property arising from cellular signal transduction and whole plant interactive networks (learning).”

(Trewavas, 2005)

Aprendizagem, no seu nível mais simples, requer um objetivo (“fitness”), e um mecanismo que indique erros, quantificando o quanto sua ação em resposta se aproxima desse objetivo. Além de uma troca contínua de informação retro-alimentativa entre esse seu objetivo e o comportamento efetuado em resposta a um estímulo. Que a possibilite, desse modo, corrigir e

direcionar seu comportamento no futuro, caso necessário, novamente rumo ao “fitness” ótimo.

São muitos os exemplos de aprendizado vegetal. A seguir demonstrarei uma lista de apenas alguns, resumidos por Trewavas (2003).

“Clifford et al. (1982) reported that deliberate bending of *Taraxacum* shoots causes over-compensatory growth in the other direction upon release, again indicating error correction with a goal (or set point).”

“Johnsson (1976) concluded that both feedback and feed-forward mechanisms are involved in error correction and optimizing stomatal aperture”.

“Following mild water stress there is often a period of compensatory growth after rewatering, indicating an error-correction mechanism (Stocker, 1960).”

“Trees can abscind sufficient leaves to adjust numbers to current water supplies. Some trial-and-error mechanism must determine when sufficient have been dropped (Addicott, 1982). Similar mechanisms must be present for all phenotypically plastic processes. Thus, for example, stem thickening in response to wind sway must be able to access the goal of optimal wind sway and a trial-and-error assessment of how far the individual is from that goal.”

“Resistance to drought or cold can be enhanced by prior treatment to milder conditions of water stress or low temperature (e.g. Kramer, 1980; Kacperska and Kuleza, 1987; Griffiths and McIntyre, 1993). Such well-known behaviour (acclimation) requiring physiological and metabolic changes is analogous to animal learning.”

Ao observamos esses exemplos, percebemos que vegetais são capazes de aprender ao se relacionar com o ambiente que habitam, objetivando sempre ativamente adaptar-se ao maior número de situações possíveis. E há grandes vantagens, principalmente no que diz respeito a eficiência bioenergética e o aporte de recursos essenciais de determinado indivíduo, o acesso facilitado a informações previamente experienciadas, que lhe permita, de alguma maneira, antever situações ambientais relativas a essas importâncias.

Algo que seria impossível sem maneiras de armazenar suas modelagens perceptivas prévias, oriundas de experiências já passadas por esse organismo. Sem possuir mecanismos que lhe permitam a memória.

“What is required for memory is an ability to access past experience so that new responses incorporate relevant information from the past. Many different forms of plant memory can be envisaged, all of which modify signal transduction, from the current chemistry and enzymology of membranes (Gilroy and Trewavas, 2001) or wall characteristics (Trewavas, 1999), to prior expression of particular genes. It is also clear that the history of stimulation modifies subsequent transduction (Ingolis and Murray, 2002) and, in plants, interpretation through $[Ca^{2+}]$ is likewise modified by previous signalling, ensuring another form of memory is present (Trewavas, 1999). All these forms of memory can be recognized by the ability to interact with, and modify, the transduction pathways to new signals.”

(Trewavas, 2003)

O “fitness” de um vegetal depende diretamente do que aprende, mas também do que foi aprendido, nessa perspectiva. Recordar se torna vantajoso, à medida que informações armazenadas temporalmente em suas células, tecidos e órgãos, através da aprendizagem, podem lhe conduzir a predição de situações ambientais significativas, e, portanto, a modelagem de comportamentos que possam ser vantajosos em situações futuras que sejam semelhantes.

Essas três ideias, aprendizado, memória e modelagem preditiva, estão intimamente relacionadas. Isso porque só podemos constatar que houve aprendizado de fato, uma vez que seja possível observar algum comportamento preditivo que o demonstre. Por sua vez, a modelagem preditiva só pode emergir, baseando-se em algo que foi aprendido previamente.

Existem muitos experimentos que demonstram uma grande capacidade de recordar e modelagem preditiva entre plantas, sendo os a seguir, apontados por Trewavas, os de mais fácil entendimento e representativos.

“When young trees were provided with water only once a year, over the next several years they learned to predict when the water would be supplied and synchronised their growth with its appearance.”

(Hellmeier et al. 1997)

“The morphology of many plants is constructed so as to minimize self shading, perhaps in the same way that branch and lateral roots are optimally separated (Ackerley and Bazzaz 1995; Honda and Fisher 1978; Yamada et al. 2000). Leaves possess two light sensitive organs (the petiole and the pulvinus) that control the direction of the leaf lamina, ensuring it is intelligently placed at 90° to the prevailing polarity of incident sunlight, thus capturing maximum energy (Fig. 2) (De Kroon and Hutchings 1995; Muth and Bazzaz 2002a; Palladin 1918). These same two organs are also able to move the lamina out of the direct plane of sunlight if the light becomes too intense and becomes damaging. Within canopy openings, not only leaf position but branch polarity is constructed to align with the primary orientation of diffuse light (Ackerley and Bazzaz 1995). The direction in which new branches are formed in these circumstances is another example of predictive modeling increasing the probability of acquisition of light energy in the near future.”

(Trewavas, 2005)

“The clearest example of predictive modeling behavior can be found in a parasitical non-photosynthetic plant, Dodder. Upon touching suitable hosts, the stem coils around the host and subsequently haustoria develop which penetrate the host and remove carbohydrate, minerals and water (Kelly 1990, 1992). However numerous decisions are made on first contact. Many suitable hosts are rejected within a few hours of the first touch contact, indicating choice. But the reasons for rejection are only partly understood. Rejection can be reduced but not eliminated by increasing the nitrogen content of the host. But if the decision is made to parasitize, a predictive assessment is then made of how much nutrient can be gained from a successful host.”

“It has been known for some years that light reflected from green vegetation has an enhanced far red/red (FR/R) ratio and contains more blue light than normal sunshine. Many plants perceive these

parts of the light spectrum and thus model the possibility of future, not current, shading from competitors and thus future reductions of available light energy (Aphalo and Ballare 1995; Ballare 1994, 1999). Currently three avoidance responses to this situation have been observed. (1) New branches grow away from the direction of higher FR/R, as in Portulaca (Novoplansky et al. 1990). (2) The whole plant moves away as in the Stilt Palm by differential growth of prop roots toward the light (Trewavas 2003). (3) Apical dominance is increased; the main stem elongates more quickly with longer spaces between leaves which are larger in surface area with longer petioles and fewer more vertically erect branches (Aphalo and Bellare 1995). These phenotypic changes help to increase fitness in the plants that respond, by ensuring that light foraging is optimized under these more difficult competitive circumstances.”

(Trewavas, 2005)

“Lloyd (1980) suggested that flowering consists of a series of reassessment points in which adjustments to the final number of flowers could be made dependent on nutritional availability, in a form of learning and memory.” [...] “If seed imbibition takes place in conditions that are inimical to germination then a more prolonged state of dormancy—secondary dormancy—can be entered into, lasting many years (Trewavas, 1986a).”

(Trewavas, 2003)

Esses exemplos citados, demonstram que o processo de tentativa-erro, assim como as ideias de memória e predição subjacentes, se mostra importantíssimos para vegetais, frente a complexidade implícita a um ambiente natural. Pois, enquanto o objetivo de “fitness” pode permanecer o mesmo durante toda a existência de um indivíduo, sua trajetória de vida em busca desse objetivo deve ser aprendida, se possível, uma vez que as condições naturais podem variar enormemente, sem surpresas desagradáveis.

E para isso o processo cognitivo vegetal, agindo integradamente, lhes auxiliam a evitá-las.

“The reason that plants respond to gravity, for example, is primarily one of nutrition (shoots to light, roots to minerals and water), leading to better growth and eventual reproduction. But roots and shoots may find themselves at any angle to the final desired position and thus must learn progressively how to approach the internally specified optimal angle if conditions allow. However, the final branch angle adopted depends on a congruence of environmental assessments with internally specified information which can be accessed as a default position when conditions are optimal.”

(Trewavas, 2003)

2.2. Intencionalidade

Muito já foi falado até aqui sobre objetivo, meta ou intenção, por ser uma ideia indissociável ao processo cognitivo. Enquanto a cognição se baseia nos modos em que o organismo percebe e age em resposta ao percebido, a intenção está relacionada aos motivos que induzem essa percepção e comportamento.

Sendo o “fitness” a intencionalidade de mais fácil inferência entre, não só vegetais, mas, organismos vivos. Aqui nessa pequena parte pretendo, através de exemplos já observados pela comunidade científica, elaborar um pouco mais desse pré-requisito para o comportamento inteligente, de acordo com a definição proposta por esse trabalho. E com isso, elucidar alguns fenômenos adjacentes a essa ideia, como a individualidade, a espontaneidade e a comunicação vegetal.

Os estudos feitos com *Cuscuta sp.*, já mencionado para exemplificar memória e modelagem preditiva, podem ser úteis para demonstrar intenção, ou objetivo em vegetais. Lembrando que são plantas parasitas que perderam quase toda capacidade fotossintética (Kuijt et al., 1969):

“Responding to an initial touch stimulus, growing shoots take several days to coil around suitable hosts. Haustorial primordia and haustoria then differentiate and nutrient resources commence transfer from the

host in about 4 d (Kelly, 1990). By tying suitable stem explants of dodder to touch the host, Kelly (1992) observed that 60 % of individuals rejected suitable hosts within several hours. Rejection was reduced to about 25 % if the host was pre-treated with nitrate. By using a range of hosts of different reward value, measuring the length of coils and the biomass subsequently accumulated after 28 d, it was shown that the length of coiling was linearly related to subsequent reward/unit of energy invested. These data fit a simple marginal value model of resource use. Seed set was correlated with the size of the parasite, indicating that host selection was adaptive and fitness of the parasite improved”

(Trewavas, 2003)

Podemos observar nesse experimento, uma escolha ativa baseada na intenção, meta ou objetivo, do parasita de apenas dispendir a energia para invadir seu hospedeiro, pela antecipação de uma recompensa que superasse seu gasto energético. No caso sob a forma de nitrato. Um outro exemplo bem estudado, é o de que muitas plantas não reagem passivamente ao mosaico de luz em um dossel, simplesmente acumulando peso seco quando a luz é forte o suficiente. Ao invés disso:

“The quality and quantity of light is actively perceived (through red : far red ratios) and the position of likely future competitive neighbours mapped (Gilroy and Trewavas, 2001). Avoiding action is taken by accelerating the growth of the stem, which becomes thinner (Ballare et al., 1990; Aphalo and Ballare, 1995), or branch growth is accelerated into light of higher intensity (Trewavas, 1986). Thus, the resource-acquiring structure(s), the stem plus leaves, is projected at speed into the resource-rich patch away from competition. New leaves are then especially positioned free from competitive light interruption (Ackerley and Bazzaz, 1995).”

“Individual roots can track humidity and mineral gradients in soil (see summary of references in Takahashi and Scott, 1993), just as shoots can track local light sources (Trewavas, 1986). Roots can change their branching patterns (architecture) radically when resource-rich patches are found (from herring bone structure to a highly branched

motif; Fitter, 1986) and change uptake rates so that no particular resource limits growth but all remain in approximate balance. And, to avoid detrimental competition, roots (like shoots) take deliberate avoidance action to prevent contact when approached by roots of other species (Mahall and Calloway, 1991).”

(Trewavas, 2003)

Todas essas observações corroboram a hipótese de uma intenção vegetal, ou pelo menos, dentro do significado desse termo proposto neste trabalho.

“In the phenomenological vernacular, each type of plant perception expresses a mode of its intentionality: directedness toward light in photosensitivity, directedness toward sources of heat in thermosensitivity, as well as toward (or away from) self and other in kin recognition. In each case, it is a matter not only of receiving but also of interpreting the signals and deciding among conflicting signals in a non-automatic manner. Intentionality here assumes the more colloquial sense of a deliberate prioritization and choice of some intended objects over others.”

(Marder, 2003)

Nesse contexto, e ao atentarmos que as experiências oriundas do já discutido processo cognitivo, são subjetivamente percebidas e interpretadas por cada vegetal como indivíduo. Pela variação ambiental específica de cada localidade, e sua própria condição metabólica e bioenergética. Podemos deduzir que, de alguma forma, emerge daí características e tendências comportamentais não compartilhadas entre a espécie como um todo, ou sua população. O que faz alusão a ideia de uma individualidade mínima presente em cada um desses organismos.

“Bennet-Clark and Ball (1951) detailed the gravitropic behaviour of many individual rhizomes and report overshoot, undershoot, growth initially in the wrong direction and sustained oscillations. These authors specifically note that averaging tends to eliminate detection of individual behaviour because individuals are rarely in synchrony with each other.”

“Individuality is used to describe situations in which morphologically or anatomically identical cells, tissues or plants show non-similar responses to signals (Gilroy and Trewavas, 2001).”

“Recognition of individuality can easily be seen from dose-response curves. If the responses are all-or-none [e.g. germination (the seed does or does not germinate), root formation, abscission, flowering, dormancy, senescence, etc.], then a dose-response curve simply reflects population variation in sensitivity to the inducing stimulus (Trewavas, 1991; Bradford and Trewavas, 1994). Such dose-response data can vary over three to five orders of magnitude change in the strength of the inducing stimulus, thus indicating the degree of individual variation (Trewavas, 1981).”

(Trewavas, 2003)

“Occasional photographs of large numbers of individuals exposed to the same signals indicate the enormous degree of variation in response (Bennett-Clerk and Ball, 1951). But even cloned plants do not respond uniformly. Using different genotypes, derived from individual seeds, Bazzaz (1983; 1985) reported the interactions between nutrient and light gradients on reproductive yield in the form of topological surfaces that clearly exemplify individual variation.”

“There is also a stochastic character to seed dispersal, dormancy breakage, degree of phenotypic individuality (Bradford and Trewavas, 1994) and thus indications that the behaviour of every seed will differ from that of others in certain aspects of behaviour (Bazzaz, 1996).”

(Trewavas, 2005)

Uma outra forma de argumentarmos sobre essa ideia, individualidade vegetal, seria considerando que, para evitar a competição, vegetais modulam seu crescimento e até movem-se, de forma a evitar tanto suas próprias partes

e ramificações, o que demonstra uma percepção de si próprio, quanto partes de outros vegetais próximos. O que, por inferência, sublinha a capacidade de discernimento daquilo que é ela mesma, e daquilo que é o outro. Sejam esses organismos em interação proximal, da mesma espécie, genótipo, ecotipo ou similares de alguma outra forma.

“No solo a disponibilidade de recursos é um dos determinantes do comportamento das raízes (van VUUREN, ROBINSON; GRIFFITHS, 1996; FRANSEN; de KROON; BERENDSE, 1998; HODGE et al., 1998). Mas não o único. Muitas são as evidências de que a presença de plantas vizinhas influencia significativamente a resposta das raízes e que estas são capazes de auto/não-auto reconhecimento, apresentando maior crescimento quando na presença de plantas estranhas e redução da elongação na presença de raízes da mesma planta ou de plantas clones. (CALDWELL; MANWARING; DURHAM, 1996; GERSANI; ABRAMSKY; FALIK, 1998; de KROON; NOVOPLANSKY, 2006).” [...] “a auto/não-auto discriminação é uma habilidade ecologicamente vantajosa porque evita a alocação de recursos para competição com ela mesma e permite maior disponibilidade de recursos para outras funções, incluindo maior reprodução (GERSANI et al., 2001).”

(Macedo, 2011)

O que nos traz ao conceito de espontaneidade. E ele pode ser resumido brevemente como um sintoma da individualidade e o comportamento variável. Sendo observado, como expressão, em plantas similares quando submetidas a condições idênticas.

“It is almost true to say that when examined, no two plants behave the same. But the variation—the individuality—is invariably eliminated because experimentalists eliminate it by averaging behavior.” [...] “Analytical assessment demonstrates that the hormone levels, basic composition, and anatomy of organisms, including humankind, display enormous degrees of variation (Trewavas 2007b). Behavior is, of course, a complex product of these variable characteristics. Even

individual cells differ substantially in the complement of individual proteins, the result of substantial noise in the circuitry of gene regulation (Trewavas 2012). There will be even greater noise in the communication and sensing structures that direct plant behavior” [...] “Spontaneity is easily seen in the germination of seeds even derived from the same plant. But the few times spontaneity has been recorded were in responses to gravitational signals by seedling roots. When placed horizontally, only a minority of roots settle directly to regain the vertical position. The majority show oscillations of growth, growth reversals, overshoot, and initial upward bending in some cases. Although many roots use a statolith mechanism, this is designed for much more sensitive and faster gravity response. Seedling roots learn about gravity signals. When placed with the root vertically upward—oddly enough a weak gravitational signal—only 25% of the roots eventually grew downward (Ma and Hasenstein 2006). The others grew in many directions. An angle of 135 degrees to the vertical is the most sensitive gravi-signal.”

(Trewavas, 2017)

Por fim, um dos pré-requisitos em sua busca pelo “fitness”, quando em uma interação ecológica, reside na capacidade de comunicar-se, tanto intra-especificamente, quanto extra-especificamente. Um comportamento extremamente complexo e mal compreendido, mas que o pouco investigado até então, demonstrou fundamentalmente estar relacionado ao “fitness” dos diferentes organismos vegetais. Ou pelo menos a essa intencionalidade, como ilustrado pelo resumo de um artigo recente “Plant Cognition and Behavior: From Environmental Awareness to Synaptic Circuits Navigating Root Apices.”.

“Plants emerge as cognitive and intelligent organisms which coevolve with humans since the first flowering plants recognized primates as potential frugivores. Later, when humans started to settle down and initiated the agriculture, our coevolution with crop plants entered a new phase which allowed evolution of our civilization. Here we summarize recent advances in our understanding of plants relying, similarly as animals and humans, on learning and cognition to use their plant-specific behavior for survival. Although plants as such are

sessile, their organs move actively and use these movements for active manipulation of their environment, both abiotic and biotic. Moreover, the major strategy of flowering plants is to control their animal pollinators and seed dispersers by providing them with food enriched not only with nutritive but also with manipulative and addictive compounds. There are several examples of cognitive supremacy of plants over animals.”

(Baluška, 2018)

Comunicar-se é um subproduto da intenção de expandir a capacidade de controlar fatores exógenos que sejam essenciais ao “fitness” do organismo, portanto, é um comportamento adaptativo.

Para o fazer, vegetais utilizam substâncias químicas orgânicas voláteis (VOCs). A respeito dessas substâncias:

“One offshoot of the profuse photosynthetic fixation of carbon is the synthesis of an enormous range of volatile organic chemicals (VOCs) emitted by roots, shoots, leaves, bark, fruits, and flowers. When shoots are attacked by herbivores or disease organisms the spectrum of emitted volatiles change and that can attract parasitoids of the herbivorous pests (so-called burglar alarm). Functions for some of these, like methyl jasmonate, ethylene, and methyl salicylate, are known and these three are involved in the induction of defense mechanisms (Dudareva et al., 2006). If plants are grown close together, then adjacent, un-attacked plants then emitted VOCs can also initiate defense mechanisms providing they are within about 50 cm in wind-still conditions such as are more frequently found in forests than on open ground (Karban, 2008.)”

“The lack of species specificity of this process raises questions as to its real biological value because the normal interactions between individuals are usually regarded as competitive not cooperative, although some exceptions are occasionally reported. A potential, perhaps better, function of herbivore-induced volatile production is to overcome some limitations of the vascular system since not all areas

of the plant are equally connected together with regions damaged by herbivores, (Holopainen and Blande, 2012).”

“The VOC spectrum is different between individual species and even individuals, (Dudareva et al., 2006). VOCs account for 1% loss of fixed carbon and obvious fitness benefits arise from those emitted by flowers and fruits. But relevance in other tissues can be less obvious. Holopainen and Blande (2012) have creatively suggested that the complexity and species individuality of VOC act as a plant vocabulary or language; individual volatiles are words and the VOC signature represent sentences. In a strict sense, a sentence is an emergent property of the words used to construct it (Trewavas, 2014). If equivalent, it suggests that the whole VOC signature due to synergy between the words is essential; omission of one or two words will fail, something now reported. The whole VOC signature not individual volatiles are required to elicit insecticidal responses (Kikuta et al., 2011). The VOCs emitted by damaged shoots elicit greater response in genetically identical relatives than aliens even from the same species suggesting the potential for self-recognition and perhaps altruism (Karban and Shiojiri, 2009; Karban et al., 2013)”

(Trewavas, 2017)

“A sentence is an emergent property of the words used to construct it.”

(McNarama e Houston, 1996)

“If the analogy is useful, it suggests that the whole VOC signature due to synergy between the words is essential; omission of one or two words (that is one or two VOCs) will fail, something now reported in one case.”

(Kikuta et al., 2011)

“Because plants synthesize many VOCs, they have enzymes with active sites that produce the chemical in the first place and therefore have the potential—with slight modification—of producing a similar protein for sensing them. To simplify the detection of the VOC signature, a single protein receptor detecting only partial structures of

the entire individual VOC signature complex is indicated by the information above (Kikuta et al. 2011). This is known as odotope theory.”

(Trewavas, 2017)

Aqui, listarei alguns outros exemplos conhecidos sobre a importância dos VOC's nas diversas interações de vegetais com seu ambiente em que foram observados desempenhando seu papel comunicativo.

“Numerous VOCs are emitted by rhizosphere bacteria and mycorrhizae and alter root architecture in different ways (Castelo-Rubio et al. 2015). Therefore, there have to be root-sensing mechanisms and receptor proteins present. If alien species of plant root emit these volatiles, they will induce root proliferation, too.”

“*Boquila trifoliolata*, a climbing vine in temperate rainforests, mimics the leaves of its supporting hosts in terms of size, shape, color, orientation, petiole length, and/or tip spininess, reducing herbivory. Gianoli and Carrasco-Urra (2014) have reported mimicry on at least eight different hosts. A vine, extending across different hosts, responds to each specifically in turn. Sensing and action on particular released host-bark VOCs is the most likely mechanism here. Some vines simply avoid trees on which the trunk is too smooth to enable climbing (Trewavas 2014). Again, VOC recognition explains this phenomenon.”

“The range of volatile chemicals produced below ground is quite extraordinary (e.g., Rasmann and Turlings, 2008; Ens et al., 2009; Palma et al., 2012; Fiers et al., 2013; Musah et al., 2016) and is sufficient to account for the complexity of self- and alien-recognition that is known to occur.”

(Trewavas, 2017)

3. Conclusão

Concluo que baseado no demonstrado até então, que não só é possível inferir inteligência a vegetais, mas que é vantajoso o fazer.

Além dessa inferência não desencadear consequências negativas em nossa busca por entender melhor esses organismos, no sentido de não limitar de nenhuma maneira o potencial investigativo da comunidade científica, essa é uma visão que auxilia pedagogicamente o aprendizado dos diversos fenômenos complexos que envolvem seu estudo. Tanto por sua terminologia familiar e melhor assimilável, quanto pela semelhança análoga que há entre os processos animais e vegetais relativos a cognição e intencionalidade.

Considerar vegetais inteligentes, por se diferenciar vastamente do atual paradigma acadêmico, pode fomentar diferentes hipóteses e técnicas, talvez, mais acuradas e eficientes na explicação do muito que ainda permanece mistério sobre o comportamento vegetal. O que pode se mostrar essencial em nossa busca a uma maior sustentabilidade das diversas atividades necessárias ao homem que, de algum modo, envolvam esses organismos. Sendo a agricultura, o maior exemplo.

Referências Bibliográficas

ACKERLY, D. D.; BAZZAZ, F. A. Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. **Ecology**, v. 76, n. 4, p. 1134-1146, 1995.

ADDICOTT, Fredrick T. **Abscission**. Univ of California Press, 1982.

ALBUS, James S. Outline for a theory of intelligence. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 21, n. 3, p. 473-509, 1991.

ALOZIE, Princewill. History and Philosophy of Science in Ancient Africa. **History and philosophy of science**, p. 2-32, 1994.

ALPI, Amedeo et al. Plant neurobiology: no brain, no gain? **Trends in plant science**, v. 12, n. 4, p. 135-136, 2007.

APHALO, Pedro José; BALLARE, Carlos Luis. On the importance of information-acquiring systems in plant-plant interactions. **Functional Ecology**, v. 9, n. 1, p. 5-14, 1995.

BALLARÉ, C. L.; CALDWELL, M. M.; PEARCY, R. W. Light gaps: sensing the light opportunities in highly dynamic canopy environments. **Redacted for Privacy**, p. 6, 1994.

BALLARÉ, Carlos L. Keeping up with the neighbours: phytochrome sensing and other signalling mechanisms. **Trends in plant science**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 1999.

BALLARÉ, Carlos L.; SCOPEL, Ana L.; SÁNCHEZ, Rodolfo A. Far-red radiation reflected from adjacent leaves: an early signal of competition in plant canopies. **Science**, v. 247, n. 4940, p. 329-332, 1990.

BALUŠKA, František; MANCUSO, Stefano. Plant Cognition and Behavior: From Environmental Awareness to Synaptic Circuits Navigating Root Apices. **Memory and Learning in Plants**, p. 51-77, 2018.

BAZZAZ, Fakhri A.; BAZZAZ, F. **Plants in changing environments: linking physiological, population, and community ecology**. Cambridge University Press, 1996.

BENNET-CLARK, T. A.; BALL, N. G. The diageotropic behaviour of rhizomes. **Journal of Experimental Botany**, v. 2, n. 2, p. 169-203, 1951.

BERNARDES, Maria Eliza Mattosinho. **Mediações simbólicas na atividade pedagógica: contribuições do enfoque histórico-cultural para o ensino e aprendizagem**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BHALLA, Upinder S.; RAM, Prahlad T.; IYENGAR, Ravi. MAP kinase phosphatase as a locus of flexibility in a mitogen-activated protein kinase signaling network. **Science**, v. 297, n. 5583, p. 1018-1023, 2002.

BOSE, Jagadish Chandra. **Plant response as a means of physiological investigation**. London, Longmans, 1924

BRADFORD, Kent J.; TREWAVAS, Anthony J. Sensitivity thresholds and variable time scales in plant hormone action. **Plant Physiology**, v. 105, n. 4, p. 1029, 1994.

BRAY, Dennis. Protein molecules as computational elements in living cells. **Nature**, v. 376, n. 6538, p. 307, 1995.

BRENNER, Eric D. et al. Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling. **Trends in plant science**, v. 11, n. 8, p. 413-419, 2006.

BROWNLEE, Colin. Role of the extracellular matrix in cell–cell signalling: paracrine paradigms. **Current opinion in plant biology**, v. 5, n. 5, p. 396-401, 2002.

BYRNE, R. W. The evolution of intelligence. 1994.

CALDWELL, Martyn M.; MANWARING, John H.; DURHAM, Susan L. Species interactions at the level of fine roots in the field: influence of soil nutrient heterogeneity and plant size. **Oecologia**, v. 106, n. 4, p. 440-447, 1996.

CALVO GARZÓN, Francisco. The quest for cognition in plant neurobiology. **Plant signaling & behavior**, v. 2, n. 4, p. 208-211, 2007.

CALVO GARZÓN, Paco; KEIJZER, Fred. Plants: Adaptive behavior, root-brains, and minimal cognition. **Adaptive Behavior**, v. 19, n. 3, p. 155-171, 2011.

CALVO, Paco. The philosophy of plant neurobiology: a manifesto. **Synthese**, v. 193, n. 5, p. 1323-1343, 2016.

CASTULO-RUBIO, Diana Yazmin et al. Volatile organic compounds produced by the rhizobacterium *Arthrobacter agilis* UMCV2 modulate *Sorghum bicolor* (strategy II plant) morphogenesis and *SbFRO1* transcription in vitro. **Journal of plant growth regulation**, v. 34, n. 3, p. 611-623, 2015.

CHOCK, P. B.; STADTMAN, E. R. Superiority of interconvertible enzyme cascades in metabolic regulation: analysis of multicyclic systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 74, n. 7, p. 2766-2770, 1977.

CHOI, Won-Gyu et al. Rapid, long-distance electrical and calcium signaling in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 67, p. 287-307, 2016.

CLIFFORD, P. E. et al. Lateral stress initiates bending responses in dandelion peduncles: a clue to geotropism? **Canadian Journal of Botany**, v. 60, n. 12, p. 2671-2673, 1982.

CVRČKOVÁ, Fatima; LIPAVSKÁ, Helena; ŽÁRSKÝ, Viktor. Plant intelligence: why, why not or where? **Plant signaling & behavior**, v. 4, n. 5, p. 394-399, 2009.

Darwin, C. R. 1880. **The power of movement in plants**. London: John Murray.

DARWIN, Charles. The Descent of Man. 1871. **Reprinted in Penguin Classics Series**, 2004.

DE KROONS, Hans; HUTCHINGS, Michael J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, p. 143-152, 1995.

DE MORAES, Consuelo M. et al. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, n. 6685, p. 570, 1998.

DE MORAES, Consuelo M. et al. Induced plant signaling and its implications for environmental sensing. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v. 67, n. 8-10, p. 819-834, 2004.

DUDAREVA, Natalia et al. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical reviews in plant sciences**, v. 25, n. 5, p. 417-440, 2006.

EINSTEIN, Albert. In a letter to Robert A. **Thornton, December**, 1944.

ENS, Emilie-Jane et al. Identification of volatile compounds released by roots of an invasive plant, bitou bush (*Chrysanthemoides monilifera* spp. *rotundata*), and their inhibition of native seedling growth. **Biological invasions**, v. 11, n. 2, p. 275-287, 2009.

FALIK, Omer; DE KROON, Hans; NOVOPLANSKY, Ariel. Physiologically-mediated self/non-self root discrimination in *Trifolium repens* has mixed effects on plant performance. **Plant signaling & behavior**, v. 1, n. 3, p. 116-121, 2006.

FAVRE, Patrick; AGOSTI, Robert Degli. Voltage-dependent action potentials in *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia plantarum**, v. 131, n. 2, p. 263-272, 2007.

FIERS, Marie et al. Volatile compound-mediated interactions between barley and pathogenic fungi in the soil. **PLoS One**, v. 8, n. 6, p. e66805, 2013.

FIRN, Richard. Plant intelligence: an alternative point of view. **Annals of Botany**, v. 93, n. 4, p. 345-351, 2004.

FITTER, A. H. The topology and geometry of plant root systems: influence of watering rate on root system topology in *Trifolium pratense*. **Annals of Botany**, v. 58, n. 1, p. 91-101, 1986.

FORD, Brian J. On intelligence in cells: The case for whole cell biology. **Interdisciplinary Science Reviews**, v. 34, n. 4, p. 350-365, 2009.

FRANK, Philipp. **Philosophy of science**. Prentice-Hall, Inc.; New Jersey, 1957.

FRANSEN, Bart; DE KROON, Hans; BERENDSE, Frank. Root morphological plasticity and nutrient acquisition of perennial grass species from habitats of different nutrient availability. **Oecologia**, v. 115, n. 3, p. 351-358, 1998.

FREIRE, PAULO. **Política e educação: ensaios**. São Paulo: Cortez, 2000.

FREIRE, PAULO. 1921 – 1997. **Política e educação : ensaios / Paulo Freire**. – 5. Ed, São Paulo, Cortez, 2001. (Coleção Questões de Nossa Época; v.23).

FROMM, Jörg; LAUTNER, Silke. Electrical signals and their physiological significance in plants. **Plant, cell & environment**, v. 30, n. 3, p. 249-257, 2007.

GARZÓN, Paco Calvo; KEIJZER, Fred. Cognition in plants. In: **Plant-environment interactions**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 247-266, 2009.

GERSANI, M.; ABRAMSKY, Z.; FALIK, O. Density-dependent habitat selection in plants. **Evolutionary Ecology**, v. 12, n. 2, p. 223-234, 1998.

GERSANI, Mordechai et al. Tragedy of the commons as a result of root competition. **Journal of Ecology**, v. 89, n. 4, p. 660-669, 2001.

GIANOLI, Ernesto; CARRASCO-URRA, Fernando. Leaf mimicry in a climbing plant protects against herbivory. **Current Biology**, v. 24, n. 9, p. 984-987, 2014.

GILROY, S.; TREWAVAS, A. Signal sensing and signal transduction across the plasma membrane. In: **The plant plasma membrane**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 203-232, 1989.

GILROY, Simon; TREWAVAS, Anthony. Signal processing and transduction in plant cells: the end of the beginning? **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 2, n. 4, p. 307, 2001.

GRIFFITH, Marilyn; MCLNTYRE, Heather CH. The interrelationship of growth and frost tolerance in winter rye. **Physiologia Plantarum**, v. 87, n. 3, p. 335-344, 1993.

HAMILTON, Eric S.; SCHLEGEL, Angela M.; HASWELL, Elizabeth S. United in diversity: mechanosensitive ion channels in plants. **Annual review of plant biology**, v. 66, p. 113-137, 2015.

HARTNETT, D. C.; BAZZAZ, F. A. Physiological integration among intracloonal ramets in *Solidago canadensis*. **Ecology**, v. 64, n. 4, p. 779-788, 1983.

HARTNETT, D. C.; BAZZAZ, F. A. The integration of neighbourhood effects by clonal genets in *Solidago canadensis*. **The Journal of Ecology**, p. 415-427, 1985.

HAYWOOD, Valerie; KRAGLER, Friedrich; LUCAS, William J. Plasmodesmata: pathways for protein and ribonucleoprotein signaling. **The Plant Cell**, v. 14, n. suppl 1, p. S303-S325, 2002.

HELLMEIER, H.; ERHARD, M.; SCHULZE, E. D. Biomass accumulation and water use under arid conditions. **Plant resource allocation. Academic, London**, p. 93-113, 1997.

HJELMFELT, Allen; ROSS, John. Chemical implementation and thermodynamics of collective neural networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 89, n. 1, p. 388-391, 1992.

HJELMFELT, Allen; SCHNEIDER, F. W.; ROSS, John. Pattern recognition in coupled chemical kinetic systems. **Science**, v. 260, n. 5106, p. 335-337, 1993.

HJELMFELT, Allen; WEINBERGER, Edward D.; ROSS, John. Chemical implementation of neural networks and Turing machines. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 88, n. 24, p. 10983-10987, 1991.

HJELMFELT, Allen; WEINBERGER, Edward D.; ROSS, John. Chemical implementation of finite-state machines. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 89, n. 1, p. 383-387, 1992.

HODGE, A. et al. Root proliferation, soil fauna and plant nitrogen capture from nutrient-rich patches in soil. **The New Phytologist**, v. 139, n. 3, p. 479-494, 1998.

HOLOPAINEN, Jarmo K.; BLANDE, James D. Molecular plant volatile communication. In: **Sensing in nature**. Springer, New York, NY, p. 17-31, 2012.

HONDA, Hisao; FISHER, Jack B. Tree branch angle: maximizing effective leaf area. **Science**, v. 199, n. 4331, p. 888-890, 1978.

HOPFIELD, John J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 79, n. 8, p. 2554-2558, 1982.

HOPFIELD, John J.; TANK, David W. Computing with neural circuits: A model. **Science**, v. 233, n. 4764, p. 625-633, 1986.

HUTCHINGS, M. J.; DE KROON, Hans. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, p. 159-238, 1994.

INGOLIA, Nicholas T.; MURRAY, Andrew W. History matters. **Science**, v. 297, n. 5583, p. 948-949, 2002.

JOHNSSON, A. Oscillatory water regulation in plants. **Bulletin of the Institute of Mathematical Applications**, v. 12, p. 22-26, 1976.

JORGENSEN, Richard A. et al. An RNA-based information superhighway in plants. **Science**, v. 279, n. 5356, p. 1486-1487, 1998.

KACPERSKA, Alina; KULESZA, Leszek. Frost resistance of winter rape leaves as related to the changes in water potential and growth capability. **Physiologia Plantarum**, v. 71, n. 4, p. 483-488, 1987.

KANDEL, Eric R. The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. **Science**, v. 294, n. 5544, p. 1030-1038, 2001.

KARBAN, Richard. Plant behaviour and communication. **Ecology letters**, v. 11, n. 7, p. 727-739, 2008.

KELLY, Colleen K. Plant foraging: a marginal value model and coiling response in *Cuscuta subinclusa*. **Ecology**, v. 71, n. 5, p. 1916-1925, 1990.

KELLY, Colleen K. Resource choice in *Cuscuta europaea*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 89, n. 24, p. 12194-12197, 1992.

KIKUTA, Yukio et al. Specific regulation of pyrethrin biosynthesis in *Chrysanthemum cinerariaefolium* by a blend of volatiles emitted from artificially damaged conspecific plants. **Plant and cell physiology**, v. 52, n. 3, p. 588-596, 2011.

KIM, Minsung et al. Developmental changes due to long-distance movement of a homeobox fusion transcript in tomato. **Science**, v. 293, n. 5528, p. 287-289, 2001.

KRAMER, Paul J. Et al. Drought, stress, and the origin of adaptations. **Drought, stress, and the origin of adaptations.**, p. 7-20, 1980.

KUIJT, Job et al. The biology of parasitic flowering plants. University of California Press, Berkeley. **The biology of parasitic flowering plants. University of California Press, Berkeley.**, 1969.

LA CERRA, Peggy; BINGHAM, Roger. The adaptive nature of the human neurocognitive architecture: an alternative model. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, n. 19, p. 11290-11294, 1998.

LEGG, Shane; HUTTER, Marcus. Universal intelligence: A definition of machine intelligence. **Minds and Machines**, v. 17, n. 4, p. 391-444, 2007.

LEGG, Shane et al. A collection of definitions of intelligence. **Frontiers in Artificial Intelligence and applications**, v. 157, p. 17, 2007.

LINDEN, Eugene. Can animals think? **Time**, v. 22, p. 54-61, 1993.

MA, Zhong; HASENSTEIN, Karl H. The onset of gravisensitivity in the embryonic root of flax. **Plant physiology**, v. 140, n. 1, p. 159-166, 2006.

MACEDO, Francynês da Conceição Oliveira. **Avaliação do comportamento competitivo de raízes de ervilha (*Pisum sativum*) cv. Mikado**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MAHALL, Bruce E.; CALLAWAY, Ragan M. Root communication among desert shrubs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 88, n. 3, p. 874-876, 1991.

MARDER, Michael. Plant intentionality and the phenomenological framework of plant intelligence. **Plant signaling & behavior**, v. 7, n. 11, p. 1365-1372, 2012.

MATURANA, Humberto R. **Biology of cognition**. Urbana: Biological Computer Laboratory, Department of Electrical Engineering, University of Illinois, 1970.

MCNAMARA, John M.; HOUSTON, Alasdair I. State-dependent life histories. **Nature**, v. 380, n. 6571, p. 215, 1996.

MICHAEL POLLAN, B. Y. The intelligent plant. **New Yorker**, p. 93, 2013.

MITCHELL, Melanie. **Complexity: A guided tour**. Oxford University Press, 2009.

MOTT, Keith A.; BUCKLEY, Thomas N. Patchy stomatal conductance: emergent collective behaviour of stomata. **Trends in plant science**, v. 5, n. 6, p. 258-262, 2000.

MUSAH, Rabi A. et al. Mechanosensitivity Below Ground: Touch-Sensitive Smell-Producing Roots in the " Shy Plant," *Mimosa pudica* L. **Plant physiology**, p. pp. 01705.2015, 2015.

MUTH, Christine C.; BAZZAZ, F. Tree seedling canopy responses to conflicting photosensory cues. **Oecologia**, v. 132, n. 2, p. 197-204, 2002.

NAKAGAKI, Toshiyuki; YAMADA, Hiroyasu; TÓTH, Ágota. Intelligence: Maze-solving by an amoeboid organism. **Nature**, v. 407, n. 6803, p. 470, 2000.

NAKAJIMA, Keiji et al. Intercellular movement of the putative transcription factor SHR in root patterning. **Nature**, v. 413, n. 6853, p. 307, 2001.

NEISSER, Ulric et al. Intelligence: Knowns and unknowns. **American psychologist**, v. 51, n. 2, p. 77, 1996.

NOVOPLANSKY, Ariel; COHEN, Dan; SACHS, Tsvi. How *Portulaca* seedlings avoid their neighbours. **Oecologia**, v. 82, n. 4, p. 490-493, 1990.

LLOYD, David G. SEXUAL STRATEGIES IN PLANTS: I. AN HYPOTHESIS OF SERIAL ADJUSTMENT OF MATERNAL INVESTMENT DURING ONE REPRODUCTIVE SESSION. **New phytologist**, v. 86, n. 1, p. 69-79, 1980.

OKAMOTO, Masahiro; SAKAI, Toshio; HAYASHI, Katsuya. Switching mechanism of a cyclic enzyme system: Role as a "chemical diode". **Biosystems**, v. 21, n. 1, p. 1-11, 1987.

PALMA, R. et al. Behavioral and electrophysiological responses of *Hylastinus obscurus* to volatiles released from the roots of *Trifolium pratense* L. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 12, n. 1, p. 183-193, 2012.

PICKARD, Barbara G. Action potentials in higher plants. **The Botanical Review**, v. 39, n. 2, p. 172-201, 1973.

PIETERSE, Corné MJ. Prime time for transgenerational defense. 2012.

RASMANN, Sergio; TURLINGS, Ted CJ. First insights into specificity of belowground tritrophic interactions. **Oikos**, v. 117, n. 3, p. 362-369, 2008.

SESSIONS, Allen; YANOFSKY, Martin F.; WEIGEL, Detlef. Cell-cell signaling and movement by the floral transcription factors LEAFY and APETALA1. **Science**, v. 289, n. 5480, p. 779-781, 2000.

SHEEN, Jen; ZHOU, Li; JANG, Jyun-Chyun. Sugars as signaling molecules. **Current opinion in plant biology**, v. 2, n. 5, p. 410-418, 1999.

SOARES, Guilherme Henriques. Neurobiologia das plantas: uma perspectiva interespecífica sobre o debate. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 69, p. 226-249, 2018.

SOUZA, Gustavo Maia et al. **É ÉTICO COMER PLANTAS? RUMO A UM MODELO DE COGNIÇÃO EM PLANTAS.** 2013. Link. https://www.researchgate.net/profile/Felipe_Rodrigues22/publication/309417602_E_etico_comer_plantas_Rumo_a_um_modelo_de_cognicao_em_plantas/links/580f8e3a08ae009606bb88e3/E-etico-comer-plantas-Rumo-a-um-modelo-de-cognicao-em-plantas.pdf. Acesso em: 24/09/2018

SOUZA, Gustavo Maia. **INTELIGÊNCIA EM PLANTAS COMO UM FENÔMENO ECOFISIOLÓGICO.** 2009. Link. http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_professores/gustavo_maia.pdf. acesso em: 24/09/2018

STAHLBERG, Rainer; CLELAND, Robert E.; VAN VOLKENBURGH, Elizabeth. Slow wave potentials—a propagating electrical signal unique to higher plants. In: **Communication in plants**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 291-308, 2006.

STERNBERG, Robert J. (Ed.). **Handbook of intelligence**. Cambridge University Press, 2000.

STERNBERG, Robert J.; KAUFMAN, Scott Barry (Ed.). **The Cambridge handbook of intelligence**. Cambridge University Press, 2011.

STOCKER, Otto. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. **Arid Zone Research**, v. 15, p. 63-104, 1960.

TAKAHASHI, H.; SCOTT, T. K. Intensity of hydrostimulation for the induction of root hydrotropism and its sensing by the root cap. **Plant, cell & environment**, v. 16, n. 1, p. 99-103, 1993.

TAKAYAMA, Seiji; SAKAGAMI, Youji. Peptide signalling in plants. **Current opinion in plant biology**, v. 5, n. 5, p. 382-387, 2002.

TREBACZ, Kazimierz; DZIUBINSKA, Halina; KROL, Elzbieta. Electrical signals in long-distance communication in plants. In: **Communication in plants**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 277-290, 2006.

TREWAVAS, A. How do plant growth substances work? **Plant, Cell & Environment**, v. 4, n. 3, p. 203-228, 1981.

TREWAVAS, A. Resource allocation under poor growth conditions. A major role for growth substances in developmental plasticity. In: **Symposia of the Society for Experimental Biology**. p. 31-76, 1986.

TREWAVAS, Anthony J.; BALUŠKA, František. The ubiquity of consciousness: The ubiquity of consciousness, cognition and intelligence in life. **EMBO reports**, v. 12, n. 12, p. 1221-1225, 2011.

TREWAVAS, Anthony. 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.

TREWAVAS, Anthony. Aspects of plant intelligence. **Annals of botany**, v. 92, n. 1, p. 1-20, 2003.

TREWAVAS, Anthony. Aspects of plant intelligence: an answer to Firn. **Annals of Botany**, v. 93, n. 4, p. 353-357, 2004.

TREWAVAS, Anthony. Green plants as intelligent organisms. **Trends in plant science**, v. 10, n. 9, p. 413-419, 2005.

TREWAVAS, Anthony. Information, noise and communication: thresholds as controlling elements in development. In: **Biocommunication of plants**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 11-35, 2012.

TREWAVAS, Anthony. Intelligence, cognition, and language of green plants. **Frontiers in psychology**, v. 7, p. 588, 2016.

TREWAVAS, Anthony. Le calcium, c'est la vie: calcium makes waves. **Plant Physiology**, v. 120, n. 1, p. 1-6, 1999.

TREWAVAS, Anthony. Plant intelligence. **Naturwissenschaften**, v. 92, n. 9, p. 401-413, 2005.

TREWAVAS, Anthony. The foundations of plant intelligence. **Interface focus**, v. 7, n. 3, p. 20160098, 2017.

TREWAVAS, Anthony. What is plant behaviour? **Plant, cell & environment**, v. 32, n. 6, p. 606-616, 2009.

TREWAVAS, Anthony. **Plant behaviour and intelligence**. OUP Oxford, 2014.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Systematics and Evolution**, Palo Alto, v. 39, p. 237–257, 2008.

VAN BEL, Aart JE et al. Spread the news: systemic dissemination and local impact of Ca²⁺ signals along the phloem pathway. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 7, p. 1761-1787, 2014.

VAN VUUREN, M. M. I.; ROBINSON, D.; GRIFFITHS, B. S. Nutrient inflow and root proliferation during the exploitation of a temporally and spatially discrete source of nitrogen in soil. **Plant and Soil**, v. 178, n. 2, p. 185-192, 1996.

VERTOSICK, Frank. **The Genius within. Discovering the intelligence of every living thing**. Harcourt, New York, 2002.

VOINNET, Olivier. RNA silencing: small RNAs as ubiquitous regulators of gene expression. **Current opinion in plant biology**, v. 5, n. 5, p. 444-451, 2002.

VOLKOV, Alexander G. (Ed.). **Plant electrophysiology: methods and cell electrophysiology**. Springer Science & Business Media, 2012.

VOLKOV, Alexander G.; RANATUNGA, Don Rufus A. Plants as environmental biosensors. **Plant signaling & behavior**, v. 1, n. 3, p. 105-115, 2006.

WARD, John M.; MÄSER, Pascal; SCHROEDER, Julian I. Plant ion channels: gene families, physiology, and functional genomics analyses. **Annual review of physiology**, v. 71, p. 59-82, 2009.

YAN, Xiaofei et al. Research progress on electrical signals in higher plants. **Progress in Natural Science**, v. 19, n. 5, p. 531-541, 2009.

YOUNG, Joni J. Devil's advocate: The importance of metaphors. **Accounting Horizons**, v. 27, n. 4, p. 877-886, 2013.

ZIMMERMANN, Matthias Rudi et al. Herbivore-triggered electrophysiological reactions: candidates for systemic signals in higher plants and the challenge of their identification. **Plant physiology**, p. pp. 01736.2015, 2016.