



# CONSTRUÇÃO COLABORATIVA DO CONHECIMENTO SOBRE O CONCEITO DE PLASTICIDADE FENOTÍPICA DO BOLDO BRASILEIRO QUANTO AO CRESCIMENTO E À REPRODUÇÃO<sup>1</sup>

## *CO-CONSTRUCTION OF KNOWLEDGE ABOUT THE PHENOTYPIC PLASTICITY OF BOLDO BRASILEIRO ON THE GROWTH AND REPRODUCTION*

Luana Vieira Campos<sup>1</sup> [vieiraluanac@hotmail.com]

Helena Roland Rodrigues Lima<sup>2</sup> [helenarlima1995@gmail.com]

Paula Cardoso Ferah<sup>1</sup> [ferahpaula@gmail.com]

Luciana Tavares Perdigão<sup>3</sup> [lucianaperdigao@id.uff.br]

Neuza Rejane Wille Lima<sup>2,4</sup> [rejane\_lima@id.uff.br]

1 -ProPET Biofronteiras da Universidade Federal Fluminense (UFF)

2 - Pós-graduação em Ecologia e Evolução, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

3 -Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ (CECIERJ)

4 - Pós-graduação em Diversidade e Inclusão, Universidade federal Fluminense (UFF)

### RESUMO

A plasticidade fenotípica é a capacidade de um genótipo expressar diferentes fenótipos em função do ambiente. O objetivo do presente estudo foi promover a construção colaborativa do conhecimento sobre a plasticidade fenotípica de plantas em bacharelados de Engenharia Agrícola e Ambiental, aplicando duas aulas teórico-práticas com quatro horas de duração cada. Quarenta estacas apicais do Boldo Brasileiro (*Plectranthus barbatus* Andrews) cresceram nas seguintes condições: i) 40 dias de cultivo; ii) sob 10%, 30%, 50% ou 100% de insolação; iii) em solos que diferiram quanto ao tipo de adubo [(solo 1) húmus de minhoca + esterco bovino na proporção de 1:1 ou (solo 2) composto vegetal + esterco avícola na proporção de 1:3)]. Após a aula expositiva sobre plasticidade fenotípica em plantas, os 48 estudantes realizaram a biometria de ramos principais do Boldo Brasileiro para acessar número de folhas, comprimento dos ramos, a distância entre nós, área foliar e número de brácteas nas inflorescências. Somente nas condições de maiores insolação (50%, 100%) o boldo expressou inflorescência. Ele expressou mais folhas quando cultivado no solo tipo 2 a 100% de insolação. O solo tipo 2 e a insolação de 10% favoreceu o crescimento em altura. As distâncias entre nós foram menores para os maiores graus de insolação e solo tipo 1. A área foliar foi maior para os menores graus de insolação e o solo tipo 2. As fotos das plantas realizadas pelos estudantes, as comparações que estes fizeram para os resultados biométricos, as redações realizadas em equipe e seus relatos obtidos durante a roda de conversa revelaram que estes construíram de forma colaborativa seus conhecimentos sobre estratégia fisiológica das plantas frente às variáveis ambientais. As interações entre professor, mediadora e estudantes estabelecidas

<sup>1</sup> Os resultados do estudo foram parcialmente apresentados no V Congresso Brasileiro de Educação.

durante as duas aulas teórico-práticas atingiram o que havia sido proposto. Assim, todo o processo serviu como metodologia que facilitou o ensino de Ciências.

**PALAVRAS-CHAVE:** aula teórico-prática, planta, adubos, luz solar, *Plectranthus barbatus*.

### **ABSTRACT**

*Phenotypic plasticity is the ability of a genotype to express different phenotypes, depending on the environment. This study aimed to promote the collaborative construction of knowledge on the phenotypic plasticity of plants in an Agricultural and Environmental Engineering undergraduates, applying two theoretical-practical classes of four hours each. Forty apical cuttings of Boldo Brasileiro (*Plectranthus barbatus* Andrews) grew under the following conditions: (i) 40 days of cultivation, (ii) under 10%, 30%, 50% or 100% of sun exposure, and (iii) in soils that differed in the type of fertilizer [(soil 1) earthworm humus + bovine manure in the proportion of 1: 1 or (soil 2) vegetable compost + poultry manure in a ratio of 1: 3]. After the lecture on phenotypic plasticity in plants, the 48 students performed the biometry of the main Boldo Brasileiro branches to access number of leaves, length of branches, distance between nodes, leaf area and number of bracts in inflorescences. Only in the conditions of greater insolation (50%, 100%) did the boldo express inflorescence. It expressed more leaves when grown in type 2 soil at 100% of insolation. Soil type 2 and 10% insolation favored growth in height. The distances between nodes were shorter for the highest degrees of sunshine and type 1 soil. The leaf area was higher for the lowest degrees of sunshine and type 2 soil. The pictures of the plants made by the students, the comparisons they made for the biometric results, the essays and reports obtained during the conversations circle revealed that they collaboratively constructed their knowledge about the physiological strategies of plants to face environmental variables. The interactions between teacher, mediator and students established during the two theoretical-practical classes achieved what had been proposed. Thus, the entire process served as a methodology that made Science teaching easier.*

**KEY WORDS:** *theoretical-practical class, plant, fertilizers, sunlight, *Plectranthus barbatus*.*

### **INTRODUÇÃO**

Vivenciar e construir colaborativamente o conceito de plasticidade fenotípica no crescimento e na reprodução de plantas é de relevância indiscutível no que se refere à formação de bacharéis do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental.

O proposto do presente estudo foi relatar a experiência sobre o processo de construção colaborativa do conhecimento a partir da execução de tarefas colaborativas, envolvendo a análise da plasticidade fenotípica de uma planta de importância medicinal.

As etapas que suscitaram o presente relato foram realizadas por uma tutora e duas estudantes de um curso de Ciências Biológicas que atuavam no Projeto de Programa de Educação Tutorial (ProPET Biofronteiras) e também por uma mestranda do Curso de Mestrado Profissional em Diversidade e Inclusão.

A tutora e uma das estudantes do ProPET Biofronteiras atuaram, respectivamente, como professora da disciplina Biologia Geral II e mediadora do processo de construção colaborativa do conhecimento em uma turma de primeiro período do curso supracitado.

O processo de construção colaborativa do conhecimento decorre de interações entre professor e estudantes sob ação de mediadores que auxiliam estes durante o processo de aprendizagem (PAGANINI et al., 2014). Entretanto, quais seriam as principais formas de

atuação do professor no sentido de beneficiar o processo de construção colaborativa do conhecimento? Além disso, quais seriam as habilidades cognitivas manifestadas pelos estudantes durante esse processo?

Para responder tais indagações, PAGANINI e colaboradores (2014) consideram que

Em sala de aula, o professor desempenha um importante papel durante as interações sociais, podendo favorecer, sobremaneira, a ocorrência do processo de coconstrução do conhecimento. Isto porque ele é responsável por: mediar o conhecimento preexistente do estudante, apontar o foco de interesse, sugerir materiais e fontes de pesquisa, indagar, promover discussões, mostrar para o estudante que o conhecimento que está sendo ensinado possui alguma relevância para sua vida (PAGANINI et al., 2014, p. 1022).

Adicionalmente, é possível perguntar quais seriam as possibilidades dos estudantes promoverem o processo de construção colaborativa de conhecimentos científicos de seus pares? Neste contexto, pôde-se pautar nas autoras Esteves e Abdala-Mendes (2017, p. 104) que consideram que “a concretização de um Ensino de Ciências diferenciado consiste na busca por uma formação mais crítica, mais consciente e participativa dos nossos alunos, fundamentada numa conexão entre o conhecimento científico sistematizado [...] e situações reais problematizadas”. Assim sendo, a interação entre os estudantes durante o processo de construção colaborativa proporciona vivenciar, refletir, construir e permutar velhos e novos conhecimentos.

Dessa maneira, resultados promissores decorrentes da promoção de um ambiente crítico e fecundo em sala de aula, por meio de aulas teórico-práticas que envolvam trabalhos cooperativos desenvolvidos em equipe, podem influenciar de maneira significativa numa prática pedagógica que não se restrinja somente ao acúmulo de transmissão de informações contidas em livros didáticos (KRASILCHIK, 2004, PAGANINI et al., 2014; SOARES e BAIOTTO, 2015; ESTEVES e ABDALA-MENDES, 2017).

Assim, a pergunta norteadora do presente estudo foi: Como promover a coconstrução do conhecimento sobre aspectos importantes da Biologia Vegetal - a plasticidade fenotípica de plantas em relação às variáveis ambientais - em sala de aula e em laboratório, visando facilitar o ensino de Ciências Biológicas através de ações participativas envolvendo estudantes do curso de bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental?

A plasticidade fenotípica é a capacidade de um organismo de um determinado genótipo expressar mudanças na expressão do fenótipo em função do ambiente (FUTUYMA, 2003; VIA, 1993; LIMA et al., 2017a). Essa definição pode ser mais bem compreendida quando se observa capacidade de determinados genótipos apresentarem diferentes características morfológicas, fisiológicas, comportamentais e/ou fenológicas quando são reciprocamente transplantados, isto é, a norma de reação (LIMA et al., 2017a).

Uma gama de diferentes fenótipos ocorre em resposta às variações das condições ambientais naturais ou impostas através de determinadas condições experimentais (FUTUYMA, 2003; LIMA, 2017; LIMA et al., 2017a; SODRÉ et al., 2018; SODRÉ et al., 2019a,b) cuja adaptabilidade é discutível (VIA et al., 1995).

As plantas são grandemente suscetíveis às variações das condições ambientais, pois sua arquitetura e fisiologia são determinadas pelo equilíbrio entre dois processos primordiais: o crescimento endógeno e os fatores exógenos que estão presentes no ambiente (VIA, 1993; VIA et al., 1995; BARTHÉLÉMY e CARAGLIO, 2007).

Assim, as características das plantas podem apresentar um padrão de variabilidade atrelada aos fatores abióticos (solo, luz, água, temperatura) e bióticos (polinizadores, herbívoros, parasitos, competidores, simbióticos) que atuaram durante o seu crescimento e reprodução (TAIZ; ZEIGER, 2003; TAIZ et al., 2017). Essa variabilidade nada mais é que a plasticidade fenotípica (VIA, 1993; VIA et al., 1995; FUTUYMA, 1998; LIMA et al., 2017a,b).

Os padrões das folhas e a expressão de flores são significativamente influenciados pelas condições ambientais. Desse modo, plasticidade fenotípica da morfologia, anatomia e reprodução das plantas são consideradas adaptações ao ambiente em que vivem (VIA et al., 1995; VIEIRA, 1995).

Por exemplo, influência da insolação ambiental sobre germinação e desenvolvimento das plantas, juntamente com as condições do solo e do clima, são fatores determinantes na produção vegetativa e na reprodução vegetal (ALMEIDA et al., 2005).

Assim, expressar crescimento e inflorescência adequados, exacerbados ou, ainda, precoces, pode indicar a capacidade de determinada planta tolerar diferentes níveis de sombreamento, de concentração de nutrientes no solo, da intensidade da ação do fogo ou de fatores bióticos (NASCIMENTO et al., 2014, LIMA et al., 2017a,b).

Conforme salientam Bazzaz e Pickett (1980), para melhor compreender as respostas de uma planta às condições ambientais devem-se realizar análises sobre a estrutura e função desta de modo integralizado, realizando aferições de diferentes aspectos de uma dada espécie.

A espécie alvo do presente estudo (Boldo Brasileiro - *Plectranthus barbatus* Andrews) foi escolhida por ser cogenérica de *Plectranthus neochilus* Schltr. (Boldo Mirim), que apresenta plasticidade fenotípica expressiva diante das variáveis ambientais - grau de insolação e nutrientes do solo e altitude (ROSAL et al. 2009, 2011; LIMA, 2017; LIMA et al. 2017a). A plasticidade fenotípica do Boldo Mirim possibilitou aplicações didáticas e atividades extencionista sobre a Biologia Vegetal (LIMA et al., 2017b; SODRÉ et al., 2018; SODRÉ et al., 2019a,b,).

O Boldo Brasileiro também apresentou plasticidade fenotípica, que foi explorada com sucesso em uma turma de 5º ano do Ensino Fundamental (FERAH et al., 2019). Além disso, essa espécie de planta possui importância econômica por apresentar relevância medicinal no tratamento de distúrbios digestivos e hepáticos (LUKHOBBA et al., 2006; LIMA, 2017). Tais fatos devem ser do conhecimento de estudantes que atuarão na área de produção agrícola.

Desse modo, o objetivo do presente estudo foi promover a construção colaborativa do conhecimento sobre a plasticidade fenotípica de plantas em uma turma de bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental.

## METODOLOGIA

O presente estudo abrangeu pesquisa quali/quantitativa que apresenta natureza descritiva. Pretendeu-se que, por meio das análises quantitativas, os estudantes medissem cinco características morfológicas do Boldo Brasileiro que foi cultivado sob oito condições experimentais.

O estudo foi conduzido em três etapas, envolvendo o plantio, realizado em nove de julho de 2018, seguido de duas aulas teórico-práticas, cada uma delas com quatro horas de duração, ministradas pela tutora do ProPET Biofronteiras em 22 e 29 de agosto de 2018. Essas aulas contaram com o apoio de uma mediadora, cujo papel foi desempenhado por uma estudante de licenciatura em Ciências Biológicas bolsista do ProPET Biofronteiras.

## CONDIÇÕES DE CULTIVO

O design experimental seguiu o proposto por Lima (2017). Foram utilizados oito vasos, com a capacidade de cinco litros cada. Em quatro vasos foram adicionados solo do tipo 1, e os outros quatro vasos receberam solo tipo 2 (Tabela 1).

O solo com adubo contendo húmus de minhoca com esterco bovino foi produzido por Verde Vida, enquanto os solos contendo composto vegetal e esterco avícola foram, respectivamente, fabricados por Terra Preta da Serra e por Vitaplan.

Os vasos foram acondicionados em três graus de insolação (10%, 30% e 50%), propiciadas por estufas que estavam cobertas por diferentes tipos de telas (Sombrite) e ao ar livre - 100% de insolação (Tabela 1).

O plantio de 40 estacas apicais de Boldo Brasileiro oriundas da mesma planta mãe (genótipo) e com cerca de 15 cm de comprimento a partir do ápice, contendo três internódios cada (trecho com três pares de folhas basais) foi realizado pelas bolsistas do ProPet Biofronteiras. Foram plantadas cinco estacas em cada vaso.

**Tabela 1.** Oito condições experimentais de cultivo do Boldo Brasileiro que foram realizadas em dois tipos de solo e quatro graus de insolação.

Vasos	Tipo de solo	Composição dos solos	Graus de insolação
1	1	húmus de minhoca	10%
2		+	30%
3		esterco bovino	50%
4		(proporção de 1:1)	100%
5	2	composto vegetal	10%
6		+	30%
7		esterco avícola	50%
8		(proporção de 1:3)	100%

Fonte: Elaborada pelas autoras

Todo esse experimento ocorreu no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense, em Niterói/RJ (43,13°W e 22,89°S, temperaturas variando entre 20°C e 37°C).

Todos os vasos foram irrigados três vezes por semana até atingir a capacidade do solo, estando também sob a influência do regime de chuvas (pluviosidade) que esteve em até 40% acima da média histórica esperada para o período do ano considerando (julho e agosto) que, normalmente, é de 140 a 180mm.

## ANÁLISE DOS SOLOS

Para determinar as características químicas do solo, porções de 500g de cada um dos dois tipos de solo utilizados nos experimentos foram enviadas para o Laboratório de Água, Solos e Planta (LASP) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para que fossem determinadas as concentrações de macro (C, Ca, K, N e P) e micronutrientes (Cu, Fe, Mg, Mn e Zn).

Os elementos Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn foram determinados por meio das técnicas de espectrofotometria de absorção atômica com chama (FAAS). O K foi digerido em micro-ondas e analisado em fotômetro de chama. O N foi aferido por meio de uma análise realizada utilizando bloco digestor e destilador Kjeldahl. O percentual do carbono orgânico total (C-CHN) foi calculado por combustão a seco em analisador elementar PerKin Elmer 2400 CHNS. Toda as análises dos solos foram realizadas segundo Teixeira et al. (2017).

## ATIVIDADES DIDÁTICAS E BIOMETRIA DAS PLANTAS

Antes de aplicar a primeira aula teórico-prática, os propósitos do estudo foram explicados ao grupo focal. Em seguida, foram distribuídos os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os Termos de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e os Termos de Autorização de Uso de Imagem (TAUI). Todos os estudantes concordaram em participar do estudo e assinaram os respectivos termos.

Na primeira aula ministrada, os 48 estudantes presentes - 23 do gênero feminino e 25 do gênero masculino, com idades variando entre 17 e 23 anos - assistiram a uma aula sobre exemplos de plasticidade fenotípica em plantas.

Após a aula teórica de 30 minutos, com exposição de slides sobre plasticidade fenotípica em plantas, os estudantes, sob orientação da mediadora, formaram cinco equipes com oito a 10 indivíduos para iniciar as medidas nos ramos principais do Boldo Brasileiro.

Antes de iniciar as medidas das plantas, os estudantes foram informados que, por meio das fotos e da biometria das plantas, poderia ser verificado se estas apresentariam diferenças entre: (i) o número e tamanho das folhas, (ii) as distâncias entre estas, (iii) o tamanho dos ramos e (iv) as características das inflorescências.

Durante três horas e trinta minutos os estudantes reunidos em cinco equipes registraram fotos dos vasos contendo as plantas com o auxílio dos seus celulares. Também realizaram as análises biométricas de 24 ramos principais das mesmas, utilizando paquímetro analógico, trena, lápis, borracha e papel sulfite A4 (75 g/m<sup>2</sup>).

Após descartar os ramos axiais, foram realizadas as seis medidas (Tabelas 2) em três ramos principais de cada um dos oito vasos. Cada equipe de estudantes recebeu de quatro a cinco ramos principais do Boldo Brasileiro.

**Tabela 2.** Biometria que foi realizada pelo grupo focal para verificar a plasticidade fenotípica do Boldo Brasileiro (*Plectranthus barbatus* Andrews) nos ramos principais.

Etapas	Medidas
1	- número de folhas por ramo
2	- altura total dos ramos (cm)
3	- distância entre nós (entre as folhas ao longo do caule ou internódios - cm)
4	- presença de inflorescências
5	- número de brácteas (estruturas foliáceas associadas às inflorescências que protegem as flores em desenvolvimento).
6	- área foliar por ramo (cm <sup>2</sup> )

Fonte: Elaborada pelas autoras.

As cinco primeiras medidas (Tabela 2) foram realizadas pelos estudantes e, finalmente, foram registradas na lousa pela mediadora e também anotadas por estes em suas próprias tabelas.

Na sequência, os estudantes com apoio da mediadora retiram as folhas de cada ramo principal recebido e realizaram contorno das mesmas em papel sulfite para determinar as áreas foliares de cada planta.

A segunda aula ministrada também teve quatro horas de duração. Nessa aula, os 46 estudantes presentes (23 do gênero feminino e 23 do gênero masculino, com idades variando entre 17 e 22 anos) reuniram-se mantendo a composição básica das cinco equipes formadas na primeira aula. Juntamente com a professora e a mediadora, os estudantes realizaram os cálculos das áreas foliares dos ramos.

Para calcular as áreas foliares, os estudantes recortaram desenhos das folhas e, no laboratório, pesaram estes em balança de precisão (0,01g), a fim de mensurar as áreas por meio de pesagem, aplicando a regra de três, tendo como referência para cálculos um quadrado de papel sulfite de 25 cm<sup>2</sup> que pesa 0,20g (LIMA et al., 2017b).

Por último, com apoio da mediadora, os estudantes finalizaram a compilação dos dados em suas próprias tabelas e fizeram redações para descrever o que haviam percebido sobre o experimento e as análises. Após todas essas as atividades, discutiu-se em roda de conversa sobre fatores ambientais que podem influenciar no crescimento e na floração de plantas e a importância destes na produção agrícola.

Para averiguar o processo de construção colaborativa dos estudantes envolvidos, foram verificados a montagem das suas tabelas, o conteúdo das suas redações e as colocações destes durante a roda de conversa.

## RESULTADOS E ANÁLISES

A reprodução vegetal sexuada (produção de inflorescência) ocorreu após 30 dias de cultivo. O Boldo Brasileiro produziu a inflorescência precocemente (agosto), provavelmente devido ao calor e à pluviosidade, que foram acima do esperado para o período de inverno. Esses fatos foram explicados pela mediadora para os estudantes, pois a inflorescência do Boldo Brasileiro se expressa, geralmente, ao final da primavera (novembro) em jardins localizados no Campus do Gragoatá (LIMA com. pess.).

Por meio das fotos (Figura 1) feitas pelos estudantes com apoio da mediadora, foi possível verificar que estes se preocuparam em relatar o comprimento das inflorescências e as diferenças entre os tamanhos das folhas lateral e apical, utilizando o próprio corpo (Figura 1 A) e as próprias mãos como referência de escala (Figura 1 E e F). Além disso, eles registraram um conjunto de quatro vasos para exemplificar as diferenças nos tamanhos dos ramos principais (Figura 1 D).

Os estudantes verificaram que as plantas expressaram inflorescência para as condições de 50% e 100%, tanto para os solos contendo húmus de minhoca e esterco bovino como para os solos contendo compostagem vegetal e esterco avícola (Figura 1 B e D). Paralelamente, eles observaram que para as condições de 10% e 30% de insolação, as plantas não expressaram inflorescência (Figura 1C).

Essa plasticidade fenotípica na expressão de inflorescência provavelmente refletiu a compensação fisiológica às altas taxas metabólicas em função da incidência solar (TAIZ et al., 2017).

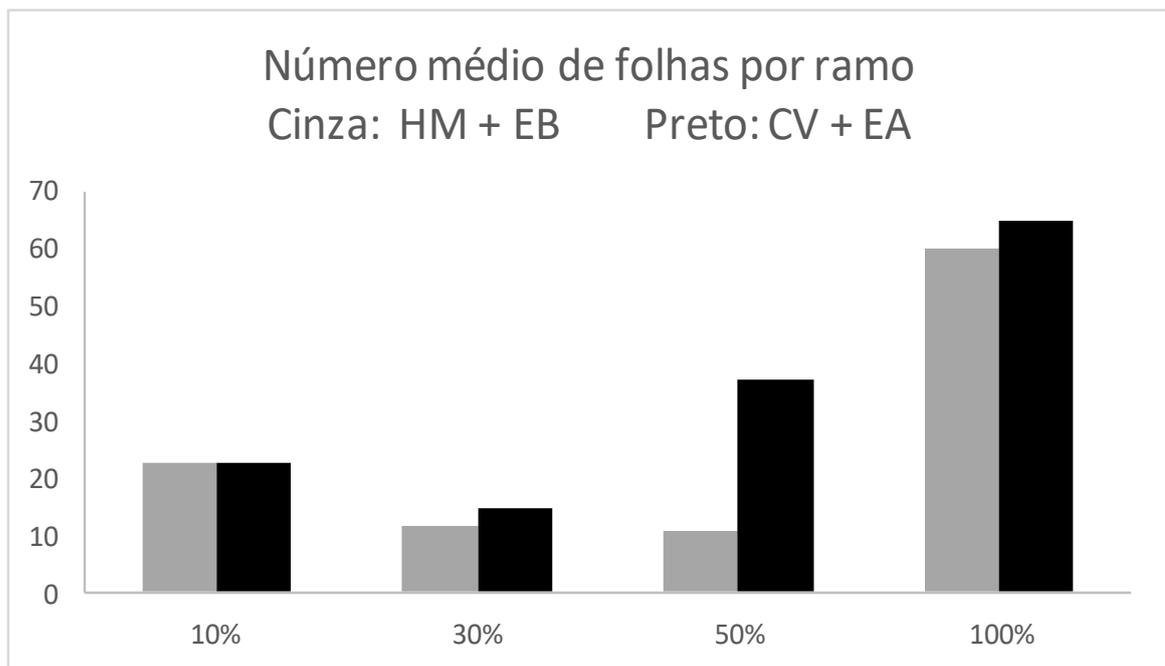
Os estudantes também perceberam que os vasos apresentavam diferenças nos volumes de folhas em função do tipo de solo utilizado. Essa plasticidade fenotípica é favorecida quando os solos apresentam uma grande riqueza em nutrientes, a exemplo do solo que continha esterco de origem avícola (ROSAL et al., 2011; LIMA, 2017; SODRÉ et al. 2018, LIMA, 2019, FERAH et al., 2019; Sodré et al., 2019a,b). Portanto, tais características fisiológicas podem ser exploradas em práticas educacionais que visam à coconstrução de conhecimentos sobre as respostas das plantas às condições ambientais, de modo simples e eficaz, mesmo antes de se realizar mensurações mais específicas.



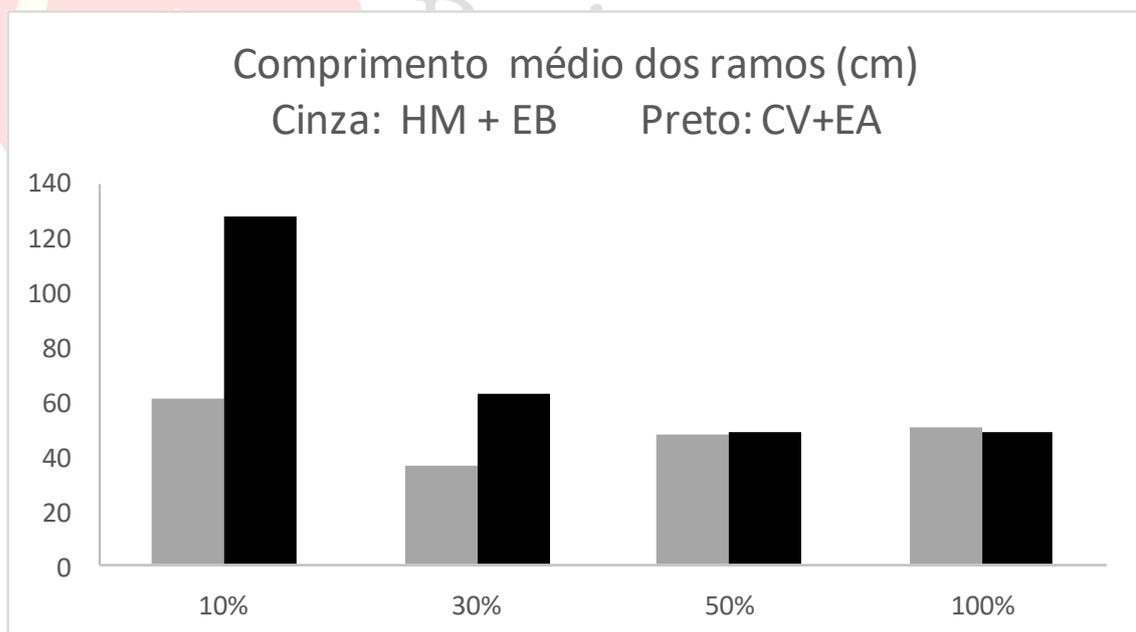
**Figura 1.** Seis das fotos tiradas por estudantes do curso de bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental ilustrando a inflorescências (A e B), quatro dos oito vasos de plantas (B, C e D) e o tamanho das folhas apicais (E) e folha basal (F) de plantas cultivadas em diferentes graus de insolação.

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Através das observações e mensurações dos elementos das plantas realizadas pelos estudantes, foi possível observar que o Boldo Brasileiro apresentou plasticidade fenotípica em respostas às variáveis ambientais impostas (Figuras 2 a 5), não tendo sido necessária a aplicação de testes estatísticos para verificar a relevância das diferenças biométricas.

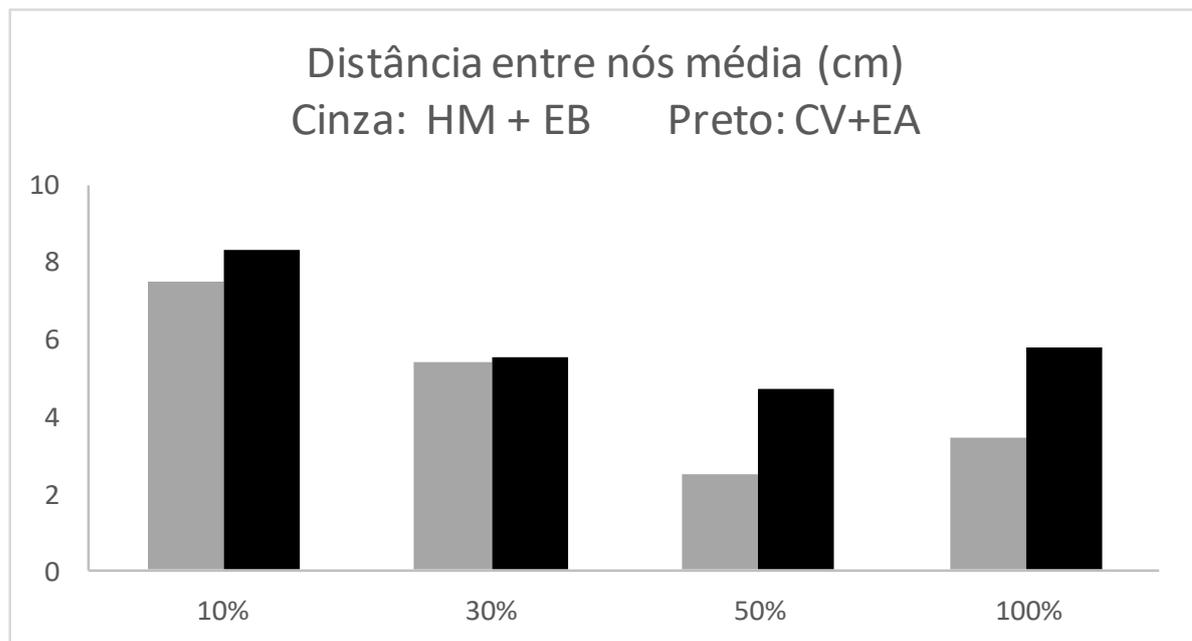


**Figura 2.** Número médio de folhas em ramos principais de Boldo Brasileiro, cultivado por 40 dias sob quatro graus de insolação (10%, 30%, 50% e 100%) em dois tipos de solo [(1) HM + EB: húmus de minhoca + esterco bovino na proporção de 1:1; (2) CV+EA: composto vegetal + esterco avícola na proporção de 1:3)].  
Fonte: Elaborada pelas autoras.



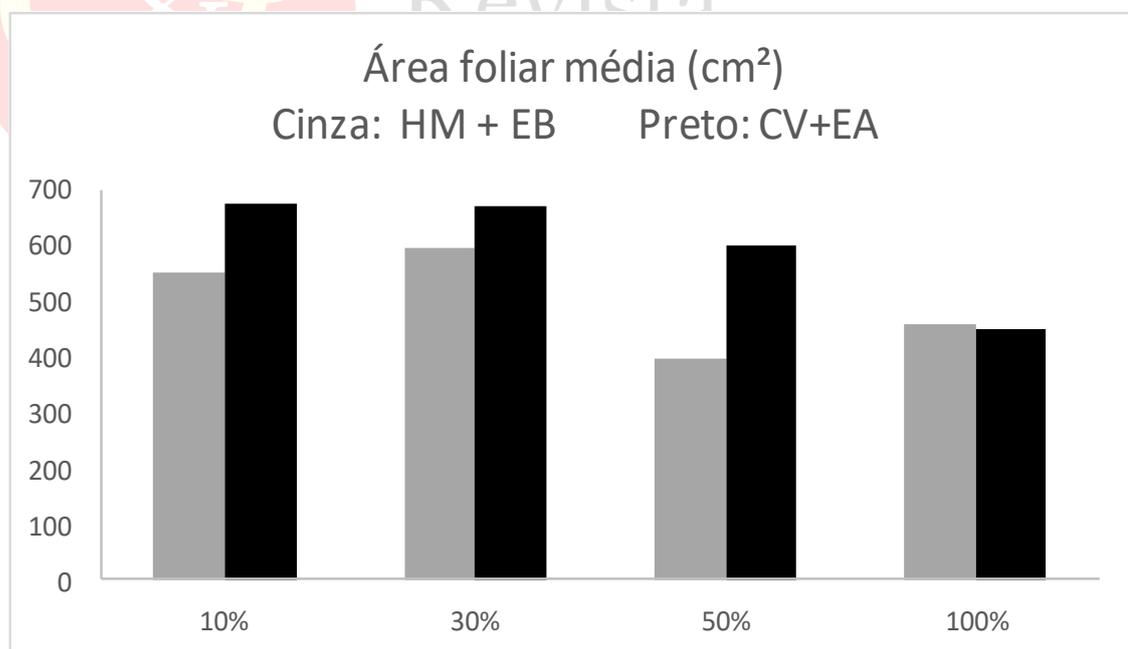
**Figura 3.** Comprimento médio de ramos principais de Boldo Brasileiro, cultivado por 40 dias sob quatro graus de insolação (10%, 30%, 50% e 100%) em dois tipos de solo [(1) HM + EB: húmus de minhoca + esterco bovino na proporção de 1:1 ou (2) CV+EA: composto vegetal + esterco avícola na proporção de 1:3)].

Fonte: Elaborada pelas autoras.



**Figura 4.** Distância entre nós média de ramos principais de Boldo Brasileiro, cultivado por 40 dias sob quatro graus de insolação (10%, 30%, 50% e 100%), em dois tipos de solo [(1) HM + EB: húmus de minhoca + esterco bovino na proporção de 1:1 ou (2) CV+EA: composto vegetal + esterco avícola na proporção de 1:3].

Fonte: Elaborada pelas autoras.



**Figura 5.** Área foliar média de ramos principais de Boldo Brasileiro, cultivado por 40 dias sob quatro graus de insolação (10%, 30%, 50% e 100%) em dois tipos de solo [(1) HM + EB: húmus de minhoca + esterco bovino na proporção de 1:1 ou (2) CV+EA: composto vegetal + esterco avícola na proporção de 1:3].

Fonte: Elaborada pelas autoras.

A expressão de um maior número de folhas ocorreu quando o Boldo Brasileiro foi cultivado no solo tipo 2 a 100% de insolação (Figura 2).

O solo tipo 2 e a insolação de 10% favoreceu o crescimento dos ramos em altura (Figura 3). Esse resultado foi diferente daquele reportado para o Boldo Mirim cujo maior crescimento ocorreu na insolação de 30% para o solo do tipo 2 (LIMA, 2017; SODRÉ et al., 2018).

As distâncias entre nós foram menores para as condições de maiores graus de insolação (50% e 100%) e presença do solo tipo 2 (composto vegetal + esterco avícola) (Figuras 4).

Os resultados demonstraram que a riqueza do solo contendo esterco avícola favoreceu o desenvolvimento das plantas (Figura 2 a 5).

Adicionalmente, com a redução na disponibilidade de luz solar, o Boldo Brasileiro aumentou a sua área foliar e a distância entre nós, conseguindo um maior aproveitamento da luminosidade que favorece o processo fotossintético.

Por outro lado, nas condições de insolação plena, o Boldo Brasileiro investiu menos em área foliar e reduziu a distância entre nós. Assim, as folhas que se apresentaram praticamente sobrepostas, provavelmente, em resposta ao estresse por excesso de luz solar (100%) (Lima et al., 2017a).

Ao final da segunda aula, um slide com os resultados das concentrações de nutrientes contidos nos dois tipos de solo foi apresentado para os estudantes (Tabela 3).

Essa tabela demonstra que o solo contendo composto vegetal + esterco avícola apresentou maior concentração de nutrientes, à exceção do carbono, que refletiu a presença do esterco bovino que é rico em tecidos vegetais.

**Tabela 3.** Composição química de nutrientes nos dois tipos de solos utilizados nos experimentos com do Boldo Brasileiro [(1) HM + EB: húmus de minhoca + esterco bovino, na proporção de 1:1 ou (2) CV+EA: composto vegetal + esterco avícola, na proporção de 1:3].

Elemento	Símbolo	Unidade	HM+EB	CV+EA
Cálcio	Ca	mg/kg	4.380,0	7.455,0
Carbono	C	C/CHN - %	11,30	5,70
Cobre	Cu	mg/kg	13,9	33,0
Ferro	Fe	mg/kg	14.510,0	31.910,0
Fósforo	P	mg/kg	181,0	575,0
Magnésio	Mg	mg/kg	2.101,0	3.510,0
Manganês	Mn	mg/kg	143,0	470,0
Nitrogênio	N	g/kg	3,90	3,40
Potássio	K	g/kg	3,99	3,53
Zinco	Zn	mg/kg	28,7	49,5

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Após finalizar as mensurações e tabular os dados, as cinco equipes de estudantes produziram livremente as redações para interpretar os resultados. As redações realizadas pelas cinco equipes (Tabela 4) revelaram as percepções dos estudantes sobre as atividades, mostrando o grau de compreensão do experimento em relação à influência dos tipos de solo, das incidências solares e fatores climáticos atípicos (temperatura e pluviosidade).

Os conteúdos das redações (Tabela 4) informaram que os estudantes, apesar de vivenciarem o mesmo processo de observação e mensurações do Boldo Brasileiro, foram capazes de construir de forma colaborativa diferentes percepções sobre o experimento a partir das suas próprias vivências.

Essa coconstrução demonstrou que atividades práticas realizadas em equipe e com apoio de mediadores configuram uma metodologia eficaz no processo de ensino-aprendizagem (KRASILCHIK, 2004; PAGANINI et al., 2014; ESTEVES e ABDALA-MENDES, 2017).

Assim, a estratégia de trabalho que foi adotada permitiu a realização de atividades em equipe, envolvendo os participantes num “motivo criador” que aumentou o desejo de cooperação para construir uma obra comum (KRASILCHIK, 2004), ou seja, a elaboração de tabelas e redações para analisar os resultados do experimento realizado com o Boldo Brasileiro.

Finalmente, todos os resultados foram discutidos em uma roda de conversa com os estudantes para verificar o processo de construção coletiva.

Nesta dinâmica, os estudantes tiveram a chance de questionar e saber detalhes do planejamento experimental em relação ao enriquecimento diferencial dos solos, sobre as condições ambientais atípicas ocorridas durante os meses de cultivo (julho e agosto de 2018) e também sobre a importância do Boldo Brasileiro no tratamento de distúrbios digestivos e hepáticos (LUKHOBBA et al., 2006; LIMA, 2017).

**Tabela 4.** Conteúdos relevantes e diferenciais das redações de cada uma das cinco equipes de estudantes, realizadas ao final das interpretações dos experimentos.

Equipes	No. de Estudantes	Conteúdos
1	(n= 10)	- Ressaltaram a importância do esterco avícola nos resultados obtidos, devido a “quantidade de nutrientes em nitrogênio em sua composição”.
2	(n= 9)	- Explicaram a presença e a ausência das inflorescências, ressaltando a importância do solo com esterco avícola.
3	(n= 8)	- Descreveram e compararam os resultados morfológicos obtidos, listando os valores.
4	(n= 10)	- Descreveram e compararam os resultados morfológicos obtidos, sem listar os valores.
5	(n= 9)	- Descreveram e compararam os resultados morfológicos obtidos, elaborando novas tabelas com resultados e interpretando que a condição de 50% foi a melhor para o desenvolvimento das plantas, mesmo sem saber qual era a taxa de fotossíntese destas.

Fonte: Elaborada pelas autoras.

## USO DE ESPÉCIES DE BOLDO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A plasticidade fenotípica em relação à área foliar, distância entre as folhas e crescimento de ramos de plantas do gênero *Plectranthus* (popularmente denominadas como

boldo) foi abordada com eficácia através de atividades teórico-práticas em turmas de estudantes do Ensino Fundamental e universitário, envolvidos em aulas sobre a Biologia Vegetal (LIMA et al., 2017b; SODRÉ et al., 2018; FERAH et al., 2019; SODRÉ et al., 2019a) e também em atividades extensionistas (SODRÉ et al., 2019b).

Por meio das estratégias de observação e mensuração do Boldo Mirim, cultivado sob as mesmas condições do Boldo Brasileiro, também foi possível abordar a Biologia Vegetal com estudantes do curso de Ciências Biológicas (LIMA et al., 2017b; SODRÉ et al., 2019a) e analisar a atitude de crianças do Ensino Fundamental em relação às plantas (SODRÉ et al., 2018). Isso demonstra que experimentos com essas plantas (ROSAL et al. 2009, 2011; LIMA, 2017) podem ser aplicados com eficácia no ensino de Biologia Vegetal em vários níveis de escolaridade e com uso de diferentes estratégias (EMPINOTTI et al., 2014, LIMA, 2019).

Assim, há uma expectativa de que diferentes espécies do gênero *Plectranthus* sejam excelentes modelos para abordar a Biologia Vegetal, com possíveis resultados distintos para a mesma condição ambiental (LIMA et al., 2017b; FERAH et al., 2019; SODRÉ et al., 2019a,b). Tal expectativa também foi abordada pelo presente estudo durante a roda de conversa que foi realizada com o grupo focal.

Portanto, os experimentos realizados com o Boldo Brasileiro demonstraram que houve variações fisiológicas e morfológicas em relação à alocação de biomassa em plantas jovens sob diferentes concentrações de nutrientes no solo, conforme apresentado por Rosal et al. (2009, 2011) para o Boldo Mirim e em estudos realizados por Almeida et al., (2005) e Maia (2008) para espécies de plantas pertencentes à famílias distintas.

A atividade prática utilizada no processo de construção coletiva do conhecimento através de processos de ensino-aprendizagem em equipe, sob orientação de mediadores, pode envolver análises de experimentos científicos simples ou complexos, dependendo da faixa etária e do histórico acadêmico do público-alvo (EMPINOTTI et al., 2014; PAGANINI et al., 2014; Esteves e Abdala-Mendes, 2017).

Quando essas atividades são aliadas ao incentivo no desenvolvimento do senso crítico dos estudantes, por meio de suas expressões sobre a atividade proposta, pode ser gerado entre os mesmos um maior envolvimento na compreensão e interpretação de fenômenos naturais (PAGANINI et al., 2014), a exemplo do crescimento e da reprodução sexuada em plantas observados pelo presente estudo.

Pode-se verificar que os estudantes desempenharam um importante papel no processo de coconstrução do conhecimento, quando interpelaram o fenômeno de plasticidade fenotípica por meio das documentações fotográficas, mensurações do Boldo Brasileiro, quando conduziram o processo de seleção do conteúdo das redações e/ou durante a roda de conversa.

Assim, os resultados obtidos no presente estudo atenderam ao proposto por Paganini e colaboradores (2014, p. 1023),

[...]os questionamentos utilizados pelos estudantes são diferentes dos questionamentos utilizados pelo professor. No caso do professor, são direcionados, sobretudo, ao objetivo de auxiliar os estudantes a realizar as atividades e colaborar na construção dos conceitos científicos. Por outro lado, ao interagirem em um grupo, os estudantes não possuem esses objetivos. Ao mesmo tempo, eles parecem se sentir mais à vontade em expor os seus pontos de vista, discutir diferentes ideias sobre um determinado fenômeno e criar explicações para suas observações em momentos de discussão sem a participação do professor. Entretanto, em alguns momentos em que ocorre o processo de coconstrução estudante-estudante, alguns estudantes podem assumir o papel do professor, no sentido de explicar para um colega o que

deve ser feito em uma determinada atividade ou explicar o que ele entendeu sobre determinado assunto.

As interpretações dos resultados serviram como estratégia para que os estudantes vivenciassem e construíssem coletivamente conhecimentos sobre a expressão de plasticidade fenotípica em plantas e apontassem um possível caminho para a concretização facilitada do ensino de Ciências, uma vez que estas se pautaram na busca por uma formação mais crítica, mais consciente e participativa do grupo focal. Essa busca esteve fundamentada num conhecimento científico sistematizado e coconstruído, como articularam Paganini e colaboradores (2014) e Esteves e Abdala-Mendes (2017) em suas publicações.

Conforme ressaltaram Soares e Baiotto (2015): “Hoje, um dos grandes desafios que os professores enfrentam no ensino de Biologia é buscar metodologias que diferem da educação bancária descrita e repudiada por Paulo Freire” e, assim, promover uma facilitação do ensino de Ciências por meio de vivências e interpretação de fenômenos naturais, tais como o crescimento e a expressão de reprodução sexuada diferenciadas por plantas em função das variações climáticas e nas condições de cultivo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que o Boldo Brasileiro expressou plasticidade fenotípica para todas as variáveis medidas, principalmente quanto à expressão de reprodução sexuada (inflorescência) e do número de folhas por ramo, em resposta às concentrações de nutrientes que estiveram presentes nos solos, aos graus de intensidade solar, à temperatura e ao regime de chuvas.

Os estudantes envolvidos vivenciaram e discutiram aspectos sobre a importância da qualidade nutricional dos solos e da intensidade da luz solar no crescimento e na reprodução diferencial de plantas, além de entender que as condições climáticas (temperatura e pluviosidade) também influenciaram a Biologia Vegetal do Boldo Brasileiro.

A relevância do trabalho dos estudantes em equipe foi evidente em relação à produção e seleção das fotos a serem apresentadas e quanto à escolha do conteúdo a ser incluído nas redações.

Todas essas etapas reunidas relevaram que o processo de ensino-aprendizagem fomentou a construção coletiva de conhecimentos sobre aspectos da Biologia Vegetal frente às diversas condições ambientais.

A estratégia metodológica adotada contribuiu no processo de viabilizar o ensino de Ciências, no que se refere à simplicidade em visualizar e mensurar fenômenos relacionados às variações biológicas quanto ao crescimento e à reprodução vegetal, como, por exemplo, a expressão da plasticidade fenotípica de uma espécie de planta de importância medicinal.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Silvia Mara Zanela; SOARES, Angela Maria; CASTRO, EVARISTO, Mauro; VIEIRA, Carlos Vieira; GAJEGO, Evandro Bordignon. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

BARTHÉLÉMY, Daniel; CARAGLIO, Yves. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. **Annals of Botany**, v. 99, n. 3, p. 375-407, 2007.

EMPINOTTI, Alexandre; BARTH, Angelita; NIEDZIELSKI, Daiane; TUSSET, Eduardo Antônio; STACHNIAK, Evelyn; KRUPEK, Rogério Antônio. Botânica em prática: atividades práticas e experimentos para o ensino fundamental. **Revista Ensino e Pesquisa**, v.12 n. 02, p. 52-103, 2014.

ESTEVES, Fernanda Cópico; ABDALA-MENDES, Marta Ferreira. Em busca de uma formação mais crítica: uma análise do enfoque cts/ctsa em livros didáticos de ciências de nono ano do ensino fundamental (PNLD 2014). **Revista Ciências e Ideias**, v. 8, n. 1, 103-117, 2017.

FERAH, Paula Cardoso; SODRÉ, Gabriel Araújo; LIMA, Helena Roland Rodrigues; CAMPOS, Luana Vieira; MANCEBO, Sueli Soares de Sá; CASTRO, Helena Carla; PAIVA, Selma Ribeiro; LIMA, Neuza Rejane Wille. Environmental perception of 5th year elementary school students through cultivation and phenotypic plasticity of plants. **Creative Education**, v. 10, p. 1685-1701, 2019.

FUTUYMA, Douglas Joe. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto, 631p. 2003.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LIMA, Neuza Rejane Wille Lima. **Boldo Mirim em diferentes ambientes: práticas educacionais, estímulos sensoriais e construção do conhecimento**. 1a. edição, Niterói: ABDIn/PERSE, 2017.

LIMA, Neuza Rejane Wille Lima; SODRÉ, Gabriel Araujo; LIMA, Helena Roland Rodrigues, PAIVA, Selma Ribeiro, LOBÃO, Adriana Quintela, COUTINHO, Ana Joffily. Plasticidade fenotípica. **Revista Ciência Elementar**, v. 5, n. 2, p. 17-24, 2017a.

LIMA, Neuza Rejane Wille; SODRÉ, Gabriel Araujo; LIMA, Helena Roland Rodrigues; MANCEBO, Sueli Soares de Sá, CAMPOS, Luana Vieira; GIBSON, Anna, SOUZA, Victória; COUTO, Wladimir; DI GIACOMO, Lívia, NARCISO, Amanda; LOBÃO, Adriana Quintella; DELOU, Cristina Maria Carvalho. The efficacy of a practical activity in the construction of knowledge of the concepts of species and phenotypic plasticity using the Boldo Mirim (*Plectranthus neochilus* Schltr.). **Creative Education**, v. 8, n. 13, p. 2036-2048, 2017b.

LIMA, Neuza Rejane Wille Lima. **Espécies e plasticidade fenotípica de plantas: estratégias de ensino através das práticas do ProPET Biofronteiras da UFF**. 1a. edição, Niterói: ABDIn/PERSE, 2019.

LUKHOBBA, Catherine W., SIMMONDS, Monique S. J.; PATON, Alan J. *Plectranthus*: A Review of ethnobotanical Uses. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 103, n. 1, p. 1-24, 2006.

MAIA, Sandra SelySilveira. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptissua veolens* (L.) Poit.)(Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 321-326, 2008.

NASCIMENTO, Manoel Euclides; PINTO, José Eduardo Brasil Pereira; SILVA Jr., Jessé Marques; CASTRO, Evaristo Mauro. Plasticidade foliar e produção de biomassa seca em *Copaife ralangsdorffii* Desf. cultivada sob diferentes espectros de luz. **Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 1, p. 41-48, 2014.

PAGANINI, Paula; JUSTI, Rosária; MOZZER, Nilmara Braga. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Ciência e Educação**, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, 2014.

ROSAL L. F., PINTO J. E. B. P., BRANT R. S. Produção de biomassa e óleo essencial de *Plectranthus neochilus* Schlechter cultivado no campo sob níveis crescentes de adubo orgânico. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, n. 2, p. 39-44, 2009.

ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; BRANT, R. S.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Produção vegetal e de óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. **Revista Ceres**, v.50, n.5, p. 670-678, 2011.

SOARES, Raquel Madeira; BAIOTTO, Cléia Rosani. Aulas práticas de biologia: suas aplicações e o contraponto desta prática. **Revista Dialogus**, v. 4, n. 2, p. 53-68, 2015.

SODRÉ, Gabriel Araújo; FERAH, Paula Cardoso; LIMA, Helena Roland Rodrigues; CAMPOS, Luana Vieira; DELOU, Cristina Maria Carvalho; LIMA, Neuza Rejane Wille. Phenotypic plasticity of Boldo Mirim (*Plectranthus neochilus* Schlechter) within reach of children from second degree of elementary school. **Creative Education**, v. 9, n. 9, p. 1359-1376, 2018.

SODRÉ, Gabriel Araújo; LIMA, Helena Roland Rodrigues; PERDIGÃO, Luciana Tavares; LIMA, Neuza Rejane Wille. Construção de conceitos biológicos de espécie e plasticidade fenotípica com base em uma aula teórico-prática com duas espécies de boldo. **Revista Ciências e Ideias**, v. 10, n. 1, p. 118-136, 2019a.

SODRÉ, Gabriel Araújo; LIMA, Helena Roland Rodrigues; CAMPOS, Luana Vieira; LIMA, Neuza Rejane Wille. Ensino não-formal no Trote Cultural UFF: vivenciando a plasticidade fenotípica de plantas. **Revista de Extensão UENF**, v. 4, n. 3, p. 57-67, 2019b.

SOUZA, Jacimar Luis. **Agricultura orgânica**. Volume III Vitória, ES, Tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. 2015.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Plant physiology**. 3a. Edição, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts, 2003.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MØLLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª. Edição, Editora Artmed, Porto Alegre, RS, 2017.

TEIXEIRA, Paulo César; DONAGEMMA, Guilherme Kangussu; TEIXEIRA, Ademir Fontana Wenceslau Geraldes. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição. Embrapa Brasília, DF 2017.

VIA, Sara Richard. Adaptive phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable environment. **The American Naturalist**, v. 142, n. 2, p. 352-365. 1993.

VIA, Sara Richard; GOMULKIEWICZ, Richard; DEJONG, Gerdien; SCHEINER, Samuel M.; SCHLICHTING, Carl D.; VAN TIENDEREN, Peter H. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 5, p. 212-217. 1995.

VIEIRA, R. C. Anatomia da folha de *Bauhinia radiata* em diferentes ambientes. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 38, n. 1, p. 63-107, 1995.