



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**CONCENTRAÇÕES DE ARBOLINA NO DESENVOLVIMENTO DE
ALFACE (*Lactuca sativa* L.) *BABY***

Júlio César Lima de Jesus Lemos

Orientador: Prof. Dr. Jader Galba Busato

BRASÍLIA - DF
NOVEMBRO/2021



JÚLIO CÉSAR LIMA DE JESUS LEMOS

**CONCENTRAÇÕES DE ARBOLINA NO DESENVOLVIMENTO DE
ALFACE (*Lactuca sativa* L.) *BABY***

Trabalho de conclusão de curso de
graduação em Agronomia apresentado
junto à Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária da Universidade de
Brasília

Orientador: Prof. Dr. Jader Galba Busato

BRASÍLIA - DF
NOVEMBRO/2021

Ficha Catalográfica

Lc Lemos, Júlio César Lima de Jesus
CONCENTRAÇÕES DE ARBOLINA NO DESENVOLVIMENTO DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.) BABY / Júlio César Lima de Jesus Lemos;
orientador Jader Galba Busato. -- Brasília, 2021.
39 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de
Brasília, 2021.

1. C-Dots. 2. Bioestimulante. 3. Nanotecnologia. I.
Galba Busato, Jader , orient. II. Título.

Cessão de direitos

Nome do Autor: Júlio César Lima de Jesus Lemos

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Concentrações de arbolina no desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa* L.) *baby*.

Ano: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desse relatório e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte desse relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

JÚLIO CÉSAR LIMA DE JESUS LEMOS

**Concentrações de Arbolina no desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa* L.)
*baby***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 19 de novembro de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Jader Galba Busato

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília

Examinador: Prof. Dr. João José da Silva Júnior

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília

Examinador: Prof. Dr. Tairone Paiva Leão

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, por dar vida e condições para enfrentar e superar os obstáculos do caminho que percorri até agora.

Aos meus pais, Aparecida Lima e João Lemos, a todos meus irmãos: Adriano, Juliana, Gustavo e Marina que sempre me ajudaram quando precisei.

Os meus sobrinhos João Victor, Artur Gabriel e Davi que sempre são meus motivos de alegria em dias difíceis.

De forma especial, agradecer o Prof. Dr. Jader Galba Busato, obrigado pela oportunidade e confiança que me foi dada, desde os primeiros dias no laboratório de química de solo, até esse trabalho, obrigado por toda a sua orientação, dedicação, paciência e incentivo, sem eles a conclusão desta pesquisa é impossível.

À Universidade de Brasília, onde tive a oportunidade de conhecer amigos que contribuíram para minha formação acadêmica, incluindo professores da Faculdade de Agronomia Medicina Veterinária (FAV).

Ao meu amigo José Soares, que me acolheu esses últimos anos em sua propriedade onde me ensinou e passou experiências sobre o cultivo hidropônico.

Agradeço aos meus amigos que contribuíram para a execução deste trabalho, em especial aos que ajudaram durante a minha pesquisa, Alexandre Steurer, Emily Guimarães, Flávio Lara, José Luiz C, Pedro H M. e Varley P., e a todos que surgiram em minha vida nestes anos de jornada acadêmica.

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça importante na dieta dos brasileiros e tem sido também cultivada sob o conceito de salada *baby leaf*, juntamente com a rúcula, agrião e folhas de beterraba. Os avanços no desenvolvimento de estimulantes do crescimento vegetal nanotecnológicos podem auxiliar o cultivo de hortaliças, mas estudos envolvendo alface *baby leaf* não foram encontrados. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da adição de concentrações crescentes de Arbolina, um estimulante vegetal à base de nanopartículas *carbon dots* (C-dots), no crescimento de alface *baby leaf*. O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições e sete concentrações de Arbolina: T1: Testemunha, sem aplicação de Arbolina; T2: 50 mg/L de Arbolina; T3: 100 mg/L; T4: 200 mg/L; T5: 400 mg/L; T6: 800 mg/L; T7: 1600 mg/L. A aplicação foi realizada por meio de pulverizações no substrato contendo a semente de alface (uma vez) e foliares (duas vezes, aos 15 e 30 dias após semeadura). Após 39 dias sob ação dos tratamentos, foram avaliadas as massas úmidas e seca total da planta, massas seca e fresca da parte aérea, massas úmidas e seca da raiz, áreas foliar e radicular, altura das plantas e número de folhas. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e equações de regressão polinomial. Todos os testes estatísticos foram realizados com o programa estatístico SISVAR 5.6. Em geral, a aplicação da Arbolina na concentração de 800 mg/L resultou os maiores incrementos na parte aérea das plantas de alface. O valor médio responsável pelo maior incremento no desenvolvimento das plantas, obtido a partir da média das concentrações ótimas, foi de 999 mg/L. Dessa forma, conclui-se que a Arbolina pode afetar favoravelmente o crescimento de alface *baby leaf*.

Palavras chaves: C-Dots; Bioestimulante; Nanotecnologia.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is an important vegetable in the diet of Brazilians and has also been cultivated under the concept of baby leaf salad, together with rocket, watercress and beetroot leaves. Advances in the development of nanotechnological plant growth stimulants can help the cultivation of vegetables, but studies involving baby leaf lettuce were not found. The present work aimed to evaluate the effects of adding increasing concentrations of Arbolina, a plant stimulant based on carbon dots (C-dots) nanoparticles, on the growth of baby leaf lettuce. The experiment was carried out in a randomized block design, with five replications and seven Arbolina concentrations: T1: Control, without Arbolina application; T2: 50 mg/L of Arbolina; T3: 100 mg/L; T4: 200 mg/L; T5: 400 mg/L; T6: 800 mg/L; T7: 1600 mg/L. The application was carried out by spraying the substrate containing the lettuce seed (once) and foliar (twice, at 15 and 30 days after sowing). After 39 days under the treatments, the wet and total plant dry mass, shoot dry and fresh mass, root wet and dry mass, leaf and root areas, plant height and number of leaves were evaluated. The results were submitted to the Shapiro-Wilk normality test and polynomial regression equations. All statistical tests were performed with the SISVAR 5.6 statistical program. In general, the application of Arbolina at a concentration of 800 mg/L resulted in the greatest increases in the aerial part of the lettuce plants. The average value responsible for the greatest increase in plant development, obtained from the average of optimal contractions, was 999 mg/L. Thus, it is concluded that Arbolina can favorably affect the growth of baby leaf lettuce.

Keywords: C-Dots; Biostimulant; Nanotechnology.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Concentração dos sais utilizados para preparo da solução nutritiva. (FURLANI, 2009)	38
TABELA 2 -	Modelo de concentração-resposta, desvio-padrão (DP), número de unidades que integram a amostra (n) e ponto de inflexão (concentrações ótimas) para a massa úmida total (MUT), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura da planta (AP) e número de folhas (NF) de mudas de alface após 39 dias em tratamento com dosagens diferentes de Arbolina.....	29
TABELA 3 -	Análises de Variância das plantas de alface baby 39 dias após a semeadura aplicando concentrações diferentes de Arbolina.....	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Distribuição da umidade e temperatura média do local do experimento (INMET, 2021).....	22
FIGURA 2 -	Estrutura hidropônica onde foram distribuídas as mudas de alface.....	23
FIGURA 3 -	Número de folhas e altura das plantas de alfaces <i>baby</i> , aos 39 dias após a semeadura aplicando concentrações diferentes de Arbolina.....	27
FIGURA 4 -	Massa úmida total, massa úmida da parte aérea e massa seca de parte aérea de alfaces <i>baby</i> , aos 39 dias após a semeadura aplicando concentrações diferentes de Arbolina....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AU	Agricultura Urbana
BL	<i>Baby leaf</i>
CDs	C-Dots
cm	Centímetro
CPA	Comprimento de Parte Aérea
CRA	Capacidade de Retenção de Água
das	Dias Após a Semeadura
DC	Diâmetro do colo
g	Gramas
kg/m ³	Quilograma por Metro Cúbico
L	Litros
mg/L	Miligrama por Litro
mm	Milímetro
MSPA	Massa Seca de Parte Aérea
MSR	Massa Seca de Raiz
MUPA	Massa Úmida
MUR	Massa Úmida de Raiz
MUT	Massa Úmida Total
nm	Nanômetro
UEs	Unidades Experimentais
µS	microSiemens

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 HIPÓTESE	14
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivos gerais.....	14
3.2 Objetivos específicos	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
4.1 Agricultura urbana	14
4.2 <i>Baby leaf</i>	21
4.3 Alface	18
4.4 Arbolina (C-Dots).....	20
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 Localização e condição do experimento	20
5.2 Condução do experimento	23
5.2.1 Semeadura.....	23
5.2.2 Aplicações de arbolina	22
5.2.3 Fertirrigação e período de cultivo	22
5.2.4 Delineamento experimental.....	25
5.2.5 Parâmetros avaliados.....	25
5.3 Análises dos parâmetros de avaliação.....	25
5.4 Análise estatística	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
7. CONCLUSÃO.....	28
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
9. ANEXOS	39

1. INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças são fontes importantes de vitaminas, minerais, fibras e outros compostos biologicamente ativos (SANTOS et al., 2019). Além de sua baixa densidade energética, níveis adequados de ingestão de energia são importantes fatores de proteção contra a morbidade (doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes e alguns tipos de câncer) (WANG et al., 2014). No entanto, apesar das recomendações internacionais e nacionais para a ingestão desses alimentos e dos diversos tipos e preparações, seu consumo continua abaixo do esperado na maioria dos países e a situação dos vegetais comparada com as frutas é ainda mais drástica (REZENDE et al., 2016). Especificamente em relação ao consumo de hortaliças, apenas 35% dos adolescentes e 38% dos adultos (residentes em capitais e no Distrito Federal) relatam consumo regular (5 dias ou mais na semana), enquanto 20% e 8%, respectivamente, alegam não consumir (Ministério da Saúde, 2015). Para efeito de comparação, a frequência de consumo regular de verduras por adolescentes brasileiros observada em 2012 é inferior à de doces (41%), biscoitos doces (32%), salgados (35%) e refrigerantes (33%) (CANELLA, 2018).

A introdução de produtos diferenciados no mercado, como é o caso das mini-hortaliças e das folhas *baby* ou *baby leaf*, podem estimular o consumo por parte da população, inclusive das crianças, que têm simpatia por produtos de tamanho reduzido (CALORI, 2013). Mini-vegetais são plantas miniaturizadas ou de tamanho reduzido por meio do processamento, sendo as hortaliças *baby* obtidas por meio de técnicas de manejo (SABIO et al., 2013). No caso das folhas *baby*, estas são colhidas antes do período tradicional (ESPÍNDOLA, 2012). As folhas jovens são macias e saborosas, podendo ter diferentes cores e formas, dependendo dos tipos de vegetais utilizados na produção (SABIO et al., 2013).

A produção de *baby leaf* pode ser realizada no solo, dentro ou fora de ambiente protegido, em bandejas para produção de mudas e em sistema hidropônico. Quando cultivadas fora de ambiente protegido, as atividades envolvidas do plantio à colheita são realizadas com alto grau de mecanização (PURQUERIO, 2016). No Brasil, por falta de máquinas, equipamentos e fortes chuvas em determinados períodos e regiões, a produção a céu aberto tem sido

pouco utilizada. Alguns produtores passaram a realizar atividades em estufas agrícolas com sistemas hidropônicos NFT (*Nutrition Film Technology*) ou bandejas para produção de mudas (MORAES, 2013).

Segundo dados das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2015), uma em cada nove pessoas no mundo (ou aproximadamente de 805 milhões de pessoas) não se alimenta o suficiente para viver uma vida saudável e ativa. Até 2050, devido ao crescimento populacional e ao aumento do consumo, a demanda por alimentos deverá aumentar em 50% (SAATH & FACHINELLO, 2018). Para garantir a oferta de alimentos e outros produtos da agricultura, uma série de inovações tecnológicas tem sido propostas, dentre elas, o uso de bioestimulantes de crescimento de plantas (ROUPHAEL & COLLA, 2020).

Os bioestimulantes são produtos capazes de estimular o desenvolvimento vegetal, independentemente da quantidade de nutrientes presentes na sua constituição. Esses compostos têm sido usados com sucesso em diversas espécies cultivadas, tais como alface, arroz, cebola, feijão e milho (IZIDÓRIO, 2015). Recentemente, uma nova classe de bioestimulantes à base de nanopartículas (NPs) tem sido proposta e vários estudos já apontam para os seus efeitos positivos sobre o crescimento vegetal (JUÁREZ-MALDONADO et al., 2019). Essas partículas possuem pelo menos uma de suas dimensões menor que 100 nm, com propriedades diferentes das partículas maiores com a mesma composição química (KHAN et al., 2019). Podem ser encontradas em uma grande variedade de formas, tais como nanotubos, NPs, nanoredes, entre outros. (WANG & HU, 2014).

Dentre as NPs com potencial para uso agrícola, os *Carbon Dots* (CDs), partículas de carbono com diâmetro de até 10 nm, se destacam pela abundância de matérias-primas e baixo custo, baixa toxicidade, alta solubilidade em água, biodegradabilidade e fotoluminescência (GORYACHEVA et al., 2017). Os resultados da sua aplicação em plantas cultivadas incluem a maior capacidade de absorção de nutrientes, maior tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos e maior taxa de fotossíntese, o que pode estimular o crescimento das culturas (MASWADA et al., 2020; ZAHEDI et al., 2020).

2 HIPÓTESE

A hipótese contida no presente trabalho é que a aplicação de Arbolina, uma nanopartícula de carbono, pode favoravelmente afetar o crescimento de alface *baby leaf*.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da adição de concentrações crescentes de Arbolina sobre variáveis de crescimento (massa, altura das plantas, área foliar e número de folhas) no crescimento de alface *baby leaf*.

3.2 Objetivo específico

Determinar uma possível concentração de Arbolina responsável pelo maior estímulo ao comprimento de raiz, altura das plantas, massa úmida e seca de raiz e massa úmida e seca de parte aérea, área foliar.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 AGRICULTURA URBANA

Atualmente, o sistema alimentar enfrenta muitos problemas como as mudanças climáticas, incidência de pragas, sustentabilidade dos processos de produção, custos financeiros e ambientais, de transporte entre, outros (AFSHIN et al., 2019; WILLETT, 2019). A agricultura urbana (AU) tem sido capaz de superar parte desses problemas, aproximando os consumidores das cidades dos produtores, produzindo entre 15% e 20% da alimentação mundial, o que representa um papel significativo na questão da segurança alimentar (CORBOULD, 2013). Sistemas de agricultura urbana e periurbana (AUP) (localizada nas periferias das cidades e mais perto do campo) podem produzir alimentos bastante próximos dos

grandes centros consumidores, aproveitando, muitas vezes, áreas sem uso ou já deterioradas para o cultivo de folhagens, plantas medicinais, aromáticas, ornamentais, criação de pequenos animais, além de possibilitar o estabelecimento de microindústrias de processamento de alimentos (VALENT et al., 2017). Conhecidas como *urban farms* (fazendas urbanas), as áreas empregadas para cultivo urbano podem incluir contêineres adaptados, vasos, praças, sacadas, varandas ou telhados de casas e edifícios (COOK et al., 2015).

Paulatinamente, a AU vem sendo reconhecida como um sistema capaz de fornecer alimentos mais frescos, já que percorrem uma distância menor entre o produtor e o mercado, além de favorecer reciclagem de resíduos urbanos, gerar empregos e fortalecer a resiliência das cidades (AZEVEDO et al., 2020). Iniciativas como o pacto urbano sobre políticas alimentares, que ocorreu em Milão em outubro de 2015, demonstram a importância da AU. Esse pacto, firmado por 199 cidades de diferentes países, é um acordo internacional para promover políticas urbanas alimentares (FORSTER et al., 2015). O movimento *action on local food* está se espalhando para muitas cidades como Belo Horizonte, Barcelona e Milão (AZEVEDO et al., 2020).

A AU pode se distinguir em termos de produtos, cultivando vegetais étnicos, tradicionais e variedades com mais tempo de prateleira, mas também mais saborosas (BRANDUINI, 2016). Isso também pode incluir colheitas de folhas vulneráveis e superfrescas, como as *baby leaf* (LOHRBERG et al., 2015).

4.2 BABY LEAF

As folhas novas de vegetais como agrião (*Nasturtium officinale*), alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativa*) e folhas de beterraba (*Beta vulgaris esculenta*), entre outras, ainda não expandidas completamente e colhidas mais cedo em relação ao cultivo convencional, formam as saladas *baby leaf* (CALORI et al., 2011). Atualmente, há grande demanda por vegetais prontos para consumo devido ao crescente interesse por alimentos mais frescos e saudáveis (ROCHA et

al., 2015). A demanda por vegetais folhosos *baby leaf* está aumentando. Além disso, as *baby leaf* podem apresentar uma variedade de texturas, cores e sabores, o que as torna muito atraentes para o consumo (CALORI et al., 2011). Uma grande variedade de folhagens pode ser usada para a produção de *baby leaf* (GIMÉNEZ et al., 2020), incluindo a alface, que é considerada alimento saudável, capaz de apresentar altas concentrações de vitaminas, minerais, fibra alimentar e compostos antioxidantes (MAMPHOLO et al., 2016). Os produtos *baby leaf* podem ser embalados, esterilizados e comercializados na forma de saladas preparadas para consumo *in natura*, podendo ser separados por espécies ou apresentados em mistura (MORAES, 2013).

O tamanho das folhas *baby leaf* depende do cultivo e da forma de consumo, mas varia, em geral, entre 5 e 15 cm de comprimento (PORTO et al., 2019). O cultivo pode ser realizado de diferentes formas, tais como diretamente no solo, dentro ou fora de ambiente protegido, em hidroponia NFT ou aeroponia (PURQUERIO et al., 2018). As *baby leaf* podem ser produzidas empregando-se substratos sólidos, em bandejas de produção de mudas (CARNEIRO et al., 2008), o que potencialmente reduz os custos de produção, quando comparados ao NFT.

4.3 ALFACE

A Alface (*Lactuca sativa* L.) é uma espécie olerícola considerada a principal hortaliça folhosa no Brasil e a mais importante no mundo (SALA & COSTA, 2012). Essa espécie é originária de seleções e mutações da espécie silvestre *Lactuca serriola* L., com processo inicial de domesticação no Egito, expandindo o cultivo para o Mediterrâneo, durante a época grega e romana, e dessa área para outras partes do continente europeu. (SUINAGA et al., 2013). Trata-se de uma planta herbácea com caule diminuto, onde suas folhas se prendem. As folhas são a parte da planta a ser consumida e possuem coloração que pode variar de roxa a verde (DEMARTELAERE et al., 2020). Além da coloração, a conformação das folhas pode também variar, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não cabeça (SUINAGA et al., 2013; SEGASPINI, 2014).

As folhas das plantas de alface se desenvolvem em rosetas (DEMARTELAERE et al., 2020). Possui sistema radicular superficial bastante ramificado, explorando apenas a superfície do solo, entre 20 e 40 cm, podendo chegar nos 60 cm em condições especiais e semeadura direta (FILGUEIRA, 2005). Mesmo sendo uma cultura de clima temperado, diversas cultivares apresentam bom desempenho em regiões onde predominam temperaturas mais elevadas, o que acelera o ciclo natural da planta e, segundo, Suinaga et al. (2013), dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores devido ao pendoamento precoce.

De acordo com Luengo & Calbo (2001), a alface a ser consumida deve apresentar folhas frescas e sem sabor azedo, ou seja, deve estar em desenvolvimento máximo sem apresentar quaisquer indícios de pendoamento. Todavia, as preferências do consumidor por essa hortaliça não são estáticas e, nesse sentido, uma das mudanças mais significativas observadas nos últimos anos foi a substituição dos cultivos da alface com folhas lisas por outros com folha crespa Grand Rapids (SALA & COSTA, 2012). Apesar da alface possuir um sistema de produção relativamente bem consolidado no Brasil, o potencial produtivo da cultura é limitado por uma série de fatores abióticos e bióticos. No âmbito dos fatores abióticos, ressalta-se a baixa tolerância ao calor e estresse hídrico, sendo o principal desafio o cultivo no verão, quando as chuvas provocam perdas e a temperatura elevada causa o pendoamento precoce (EMBRAPA, 2011). Com relação aos estresses bióticos, a ocorrência da fusariose, galhas nas raízes (*Meloidogyne* spp.), mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus*) e do vira cabeça do tomateiro (*Tomato spotted wilt virus*) são importantes (LOPES et al., 2010).

Ryder (1999) propôs uma classificação baseada nas diversas características das plantas de alface e de seus mais diversos grupos varietais de acordo com formato, tamanho de folhas e grau de sobreposição delas na formação da cabeça. Essa classificação levou à identificação das seis principais variedades produzidas no mundo: americana (*crisphead*), aspargo ou caule (*stem*), crespa (*leaf*), lisa (*butterhead*), romana (cos) e oleaginosa (*oilseed*). No Brasil, os principais tipos de alfaces cultivados são crespa, americana, lisa e romana (EMBRAPA, 2019). Dessas, as duas com maior importância, lisa e crespa, foram as variedades desenvolvidas para o cultivo em regiões tropicais, mais especificamente no período

de verão, com temperaturas e pluviosidades mais elevadas (SALA & COSTA, 2012; SUINAGA et al., 2013).

O cultivo de alface é um dos mais expressivos em importância econômica, social, industrial e alimentar na área da olericultura (PEREIRA & PEREIRA, 2016). Segundo informações do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2014), a olericultura está em expansão no Brasil. Entre o período de 2000 a 2011, o crescimento estimado foi de 31%. Somente no ano de 2011, foram 16,9 milhões de toneladas de olerícolas produzidas, movimentando 25 bilhões de reais (PEREIRA & PEREIRA, 2016). Atualmente, aproximadamente 35 mil hectares são utilizados para produção de alface no Brasil, o que equivale a aproximadamente 16,5% da área total de produção de hortaliças, com a maior parte da produção nos estados de Minas Gerais e São Paulo (HF BRASIL, 2018).

4.3 ARBOLINA

À medida que a população aumenta, a necessidade de ampliar a oferta de alimentos no mundo também é aumentada (ANGELAKIS et al., 2020; ZAYTSEVA et al., 2016). Ao mesmo tempo, o declínio da matéria orgânica do solo, a falta de nutrientes, a falta de recursos agrícolas e o declínio das terras aráveis agravaram ainda mais o problema da escassez de alimentos. Com o desenvolvimento da nanotecnologia, nanofertilizantes se tornaram uma opção para aliviar a pressão alimentar global (AN et al., 2021).

Acredita-se que os nanomateriais desempenhem um papel fundamental na solução dos desafios enfrentados pela agricultura (GIRALDO et al., 2019). Nanomateriais são geralmente definidos como materiais que possuem pelo menos uma dimensão na nanoescala entre 1 e 100 nm, com características físicas e químicas que os distinguem de objetos maiores com a mesma composição química (INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS, 2017). Nas últimas décadas, um grande número de nanomateriais foi desenvolvido com aplicação possível na agricultura (GIRALDO et al., 2019). São usados para aumentar a

produtividade, melhorar a eficiência de fertilizantes e pesticidas, minimizar estresses ambientais e controlar doenças e pragas (LI et al., 2020).

Joshi et al. (2021) aplicaram NPs micogênicas de selênio (100 ppm) em sementes de tomate e verificaram aumento da tolerância a requeima do tomateiro em 72,9%. As plantas também registraram acúmulos significativos de lignina, peróxido de hidrogênio e calosidade como defesa celular em comparação com as plantas de controle. Tarafdar (2014), utilizando biossíntese de NPs de zinco extraído do fungo, *R. bataticola* TFR-6, aplicando como nanofertilizante no milheto (*Pennisetum americanum* L.) cv. HHB 67, conseguiram o aumento da produção de grãos na maturação de 37,7%. No entanto, há ainda uma grande lacuna especialmente quanto à forma de aplicação e concentração do produto.

As nanoestruturas à base de carbono, como nanotubos de carbono, fulerenos, e grafeno, têm recebido muita atenção devido às suas inúmeras propriedades físicas e químicas únicas e a uma ampla gama de aplicações (NASIR et al., 2018). Em comparação com as nanoestruturas de carbono acima mencionadas, os C-Dots exibem fotoluminescência abundante e características fotoeletroquímicas (KANG & LEE, 2019). Usualmente, os C-Dots são definidos como partículas esféricas de carbono (fragmentos de grafite) com dimensões inferiores a 10 nm (LI et al., 2020).

Desde a descoberta de C-Dots fluorescentes durante a purificação de nanotubos de carbono, em 2004, foram desenvolvidos diferentes métodos para a sua preparação, incluindo ablação a laser, eletroquímica, hidrotérmica/solvotérmica e métodos auxiliados por micro-ondas (EHTESABI et al., 2020). De acordo com GIRALDO et al. (2019), nas últimas décadas, uma grande variedade de C-Dots foi desenvolvida para aplicações agrícolas, especialmente para o monitoramento da saúde das culturas, promoção do crescimento, melhoria da eficiência de uso de fertilizantes e pesticidas, estresses ambientais, entre outros. Em comparação com outros nanomateriais metálicos, os nanomateriais à base de carbono têm menor toxicidade ambiental e maior biocompatibilidade devido à sua estrutura de carbono atóxica (LI, 2020).

Nos últimos anos, pesquisadores da Universidade de Brasília desenvolveram um produto à base de NPs de C-dots que tem apresentado resultados animadores. Esse material recebeu o nome comercial de Arbolina, sendo produzido a partir de matérias-primas renováveis. Os resultados preliminares mostram que ela tem um efeito estimulante em diferentes culturas agrícolas (SECOM UNB, 2020).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em um lote urbano com um sistema de produção hidropônica localizado em Planaltina, Distrito Federal (Latitude 15°38'11" S 47°38'48" W e altitude de 960m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima que pertence à região é do tipo Aw (tropical de savana). A estação chuvosa na região ocorre entre os meses de outubro a março e a estação seca ocorre entre os meses de abril a setembro. (CARDOSO et al., 2014). A média da temperatura e a umidade relativa do ar durante a condução do experimento estão representadas na Figura 1.

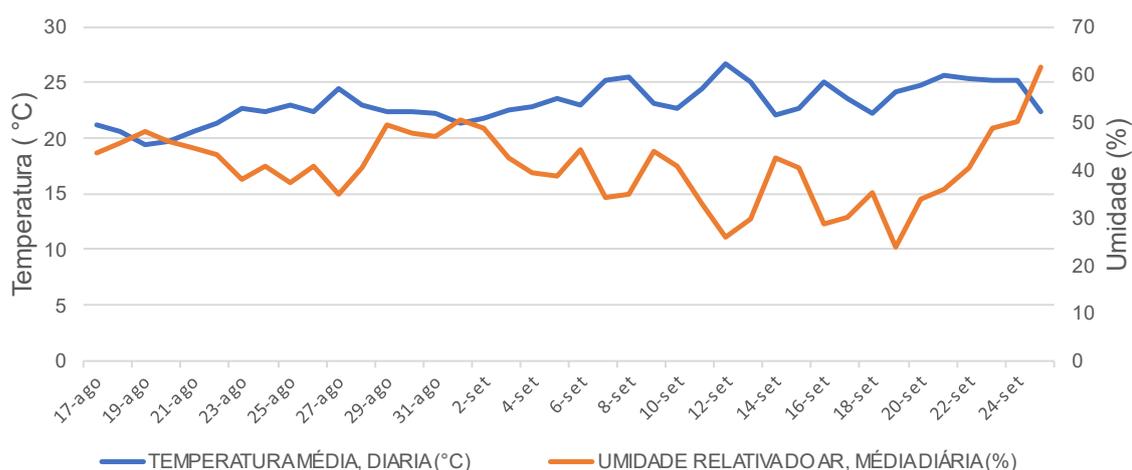


FIGURA 1 - Distribuição da umidade e temperatura média do local do experimento (INMET, 2021).

As mudas foram dispostas sobre uma estrutura de hidroponia, com pé direito de 0,60 m de altura, 7 m de comprimento e 1,40 m de largura, coberta por uma tela antigranizo branca (Figura 2).



FIGURA 2 - Estrutura hidropônica onde foram distribuídas as mudas de alface.

5.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

5.2.1 SEMEADURA

A semeadura foi realizada no dia 17/08/2021, empregando-se sementes de alface da variedade Vanda, produzidas pela empresa Sakata Seed Sudamerica LTDA. Foram utilizadas bandejas de polietileno com 34 cm de comprimento, 34 cm de largura e 6 cm de altura, contendo 64 células com volume individual de 29 mL. As células foram preenchidas com substrato comercial Carolina Soil[®], registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e homologado pelo IBD, para utilização na produção orgânica, e apresentam as características técnicas de pH: 5.65 variação de 0.25, condutividade elétrica de 1,5 dS/m diluição (1:5) variação 0,1 dS/m, CTC: 1200 mmol_c/dm³, 76% de porosidade total, 51% de capacidade de retenção de água e composição física de Sphagnum, resíduo orgânico agroindustrial tipo Classe A, vermiculita expandida, e calcário (GROWPLANT, 2009).

Para os testes de concentração de Arbolina, foram utilizadas 5 bandejas de mudas preparadas com 5 L do substrato e misturado 2 L de cada solução da Arbolina para umedecer. As sementes foram distribuídas uma em cada célula, à profundidade de 0,5 cm. As bandejas ficaram em total escuro por 48 horas, depois foram levadas para as bancadas, onde permaneceram até serem levadas para o laboratório para determinações das plantas.

5.2.2 APLICAÇÃO DA ARBOLINA

As soluções contendo Arbolina foram aplicadas três vezes nas bandejas ao longo do ciclo de cultivo, que foi de 39 dias. A primeira aplicação foi no dia da semeadura, onde a solução foi usada para umedecer o substrato; a segunda ocorreu 15 dias após a semeadura (DAS) e a terceira aplicação foi aos 30 DAS. O preparo das soluções foi realizado no mesmo dia para cada aplicação, pesando o produto em pó em balança de precisão (0,001g) e dissolvendo em água purificada para obter a concentração de aplicação. Cada bandeja recebeu 400 mL da solução para cada aplicação, utilizando-se um pulverizador manual com capacidade de 2 L. Para a realização da aplicação, as bandejas foram retiradas da bancada principal e colocadas em outra bancada para evitar contaminação dos tratamentos.

5.2.3 FERTIRRIGAÇÃO E PERÍODO DE CULTIVO

As plantas receberam, a cada dez dias, fertirrigação com solução nutritiva para folhagens (Anexo 1). Antes da aplicação, foram controlados o pH (entre 4,5 e 6,5) e a condutividade elétrica (1,0 - 1,5 μ S) das soluções, conforme Furlani et al. (2009). Para realizar a fertirrigação, foi utilizado um regador de 10 L onde foram distribuídos, igualmente, 1 L da solução nutritiva por bandeja. O experimento teve uma duração de 39 dias, idade em que mudas apresentaram as características de qualidades apropriadas para ser utilizadas em saladas *baby leaf*, quando as folhas estavam entre 5 e 15 cm (CARNEIRO et al., 2008).

5.2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições e sete concentrações de Arbolina: T1: Testemunha, sem aplicação de Arbolina; T2: 50 mg/L de Arbolina; T3: 100 mg/L; T4: 200 mg/L; T5: 400 mg/L; T6: 800 mg/L; T7: 1600 mg/L.

5.2.5 PARÂMETROS AVALIADOS

Para realização das análises, foi realizado previamente um sorteio das plantas visando selecionar seis mudas por bandeja. Para isto, as células foram numeradas, determinando-se aquelas a serem empregadas nas avaliações. As plantas sorteadas (6 plantas por parcela) foram levadas para laboratório e passaram por um processo de lavagem cuidadosa das raízes com água para retirada do substrato aderido. Após secagem cuidadosa do excedente de água com papel toalha, foram determinadas a massa úmida parte aérea (MUF), massa úmida de raiz (MUR), massa úmida total (MUT), utilizando balança analítica. Após, imagens das plantas separadas em parte aérea e radicular foram obtidas utilizando scanner EPSON L3100 para determinação das áreas das raízes (AR) e da área foliar (AF), altura das plantas (AP) e número de folhas (NF), empregando-se o programa de processamento de imagem ImageJ (ABRÀMOFF et al., 2004). Feitos esses processos, as partes aéreas e das raízes foram embalados em saco de papel KMIX e levadas para estufa de circulação forçada à temperatura de 65 °C até massa constante, para determinação da massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), empregando balança analítica.

5.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Equações de regressão também foram obtidas para as variáveis com distribuição

normal. Todos os testes foram realizados empregando o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2010).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise estatística, verificou-se efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, para a aplicação das diferentes concentrações de Arbolina sobre NF, AP, MUT, MUPA e MSPA. Todavia, não houve efeito significativo para as variáveis MUR, MSR, MST AF e AR (Anexo 2).

A concentração de 1600 mg/L promoveu maior NF, 12% a mais que o controle. (Figura 3A). ZHAO et al. (2013), trabalhando com NPs de óxido de zinco (ZnO), observaram o aumento de 22% do NF na planta do pepino (*Cucumis sativus*) a partir da aplicação de 800 mg/kg de ZnO de solo. O aumento do NF das plantas é desejável pois pode ampliar a área de fotossíntese, aumentando assim o potencial produtivo da cultura (TAVARES et al., 2019). Esta também é uma característica importante e observada pelo consumidor no momento de comprar alface (DO NASCIMENTO et al., 2021).

A aplicação de solução contendo 800 mg/L Arbolina promoveu a maior AP das alfaces *baby*, com acréscimo de 54% em relação ao controle (Figura 3B). Usando farelo de amendoim para síntese de CDs, An et al. (2021) observaram que a concentração de 0,02 mg/mL pode promover o crescimento da alface. Chakravarty et al. (2015), trabalhando com NPs de Grafenos (NPG) no tratamento de sementes de coentro e alho, observaram que as taxas de crescimento das plantas aumentaram substancialmente na presença de NPG. A maior altura das plantas pode estar relacionada aos benefícios dos C-Dots no incremento à fotossíntese (KOU et al., 2021). A altura média das plantas que receberam 800 mg/L de Arbolina foi de aproximadamente 10 cm, estando na faixa sugerida por Purquerio et al. (2010) para as plantas *baby leaf*, ou seja, de 5 a 15 cm de comprimento.

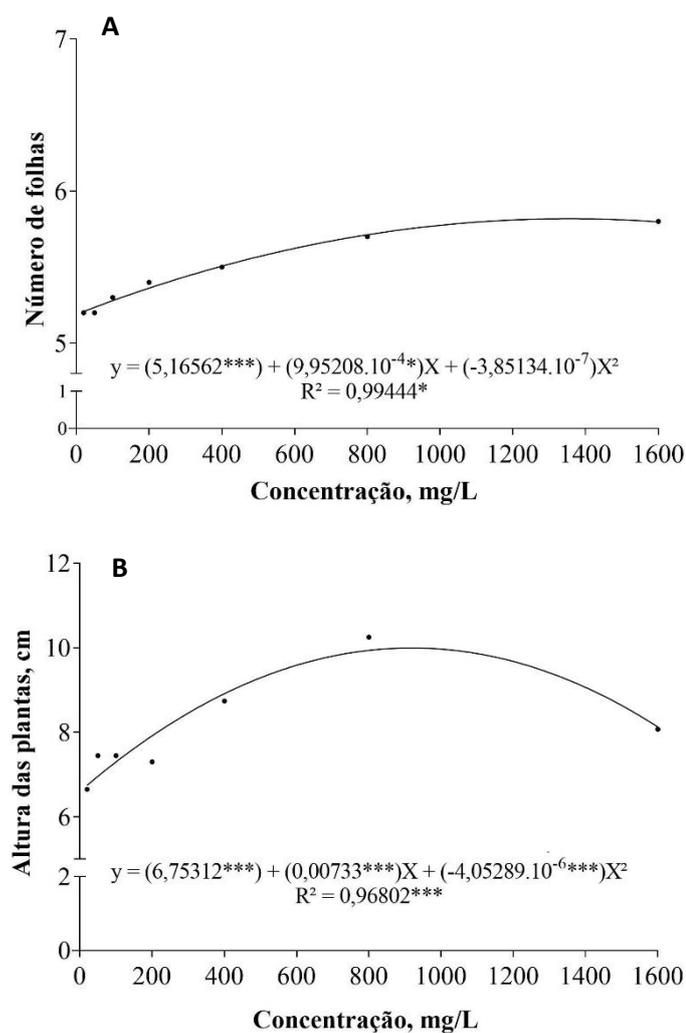


Figura 3 - Número de folhas (A) e altura das plantas (B) de alfaces *baby*, aos 39 dias após a semeadura aplicando concentrações diferentes de Arbolina.

As aplicações de diferentes concentrações de Arbolina resultaram em diferença positiva significativa na MUT quando comparado com o controle. O maior estímulo foi observado no tratamento com 800 mg/L (Figura 4A). Para a variável MUPA, a concentração que apresentou melhor resultado também foi a de 800 mg/L (Figura 4B), assim como para MSPA (Figura 4C).

A aplicação de 800 mg/L da Arbolina resultou em um aumento para MUT e MUPA de 77 e 65% maiores que o tratamento controle. Kou et al. (2021) também observaram resultados semelhantes em mudas de alface e tomate com adição de concentração de C-Dots. O aumento da MSPA foi de 35% comparado com as plantas controle, resultado parecido com o observado por Zheng et al. (2017) que, adicionando C-Dots na solução nutritiva de Hoagland para o plantio da alface cultivada no sistema hidropônico, observaram uma maior massa seca (48%) em relação ao controle. O maior desenvolvimento da parte aérea das mudas é tecnicamente considerado um bom indicador do seu desempenho, podendo estar relacionado à eficiência de absorção do nitrogênio, por ser um macronutriente essencial e requerer mais na fase inicial do desenvolvimento das mudas. (MARQUES et al., 2006). A Arbolina se mostra promissora na aplicação em alface *baby*, apresentando uma maior massa aérea cultivada em bandeja (aumento de 33% em relação ao controle).

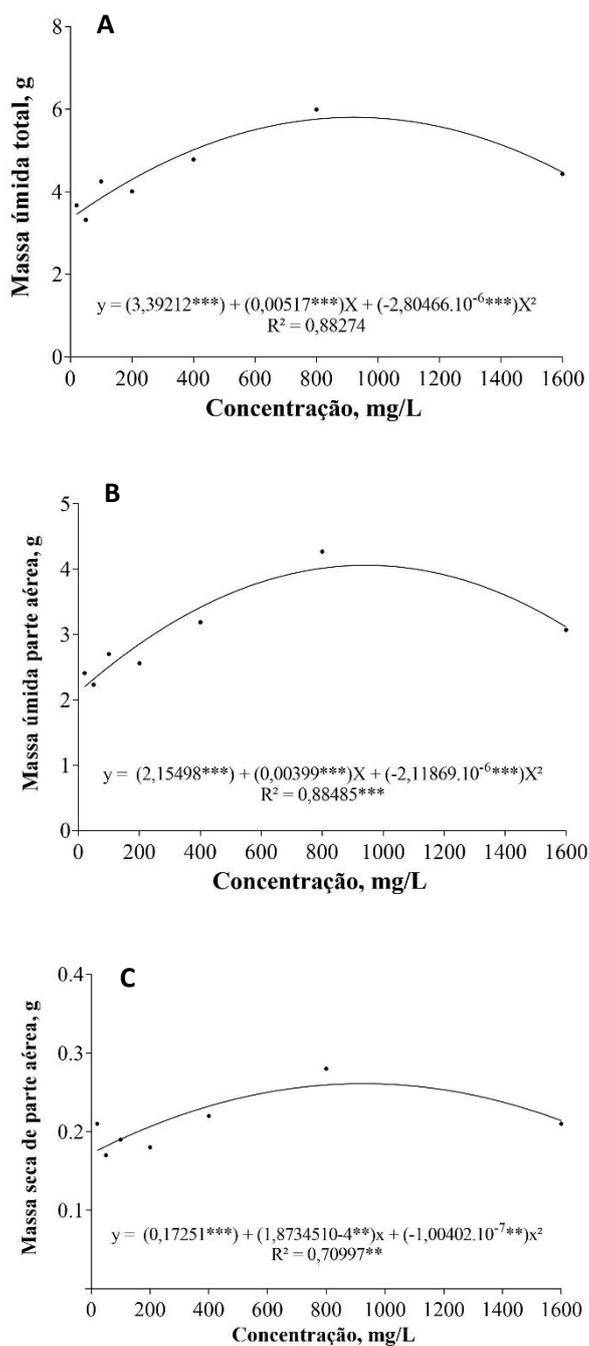


Figura 4 - Massa úmida total (A), massa úmida da parte aérea (B) e massa seca de parte aérea (C), aos 39 dias após a semeadura aplicando concentrações diferentes de Arbolina.

A Tabela 2 apresenta o modelo de resposta às concentrações de Arbolina e o valor de máxima modelado para cada variável significativa. Para as variáveis MUT, MUPA e MSPA, as concentrações modeladas que apresentaram as melhores respostas foram, respectivamente, 921, 942 e 934 mg/L. Para os parâmetros de AP e NF, as maiores respostas foram observadas com as concentrações modeladas de 905 e 1292 mg/L, respectivamente. O valor médio, encontrado utilizando-se a média de todos os pontos de máxima, que representou os maiores incrementos, foi 999 mg/L.

Tabela 2 - Modelo de concentração-resposta, desvio-padrão, número de unidades que integram a amostra (n) e ponto de inflexão (concentrações ótimas) para a massa úmida total (MUT), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura da planta (AP) e número de folhas (NF) de mudas de alface após 39 dias em tratamento com dosagens diferentes de Arbolina.

Características	Desvio Padrão	N	Concentração ideal (mg/L) (dx/dy): $b_1 + 2(b_2) x = 0$
MUT	0,8683	5	921
MUPA	0,6859	5	942
MSPA	0,0356	5	934
AP	1,1929	5	905
NF	0,2438	5	1292
MÉDIA			999

7. CONCLUSÃO

Em geral, a aplicação da Arbolina na concentração de 800 mg/L resultou os maiores incrementos da parte aérea das mudas de alface. Utilizando os modelos de equação significativos, a melhor concentração modelada foi de 999 mg/L. Dessa forma, conclui-se que a Arbolina pode afetar favoravelmente o crescimento de alface *baby leaf*.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÀMOFF, M. D., MAGALHÃES, P. J., & RAM, S. J.; RAM, Sunanda J. Image processing with ImageJ. **Biophotonics international**, v. 11, n. 7, p. 36-42, 2004.
- AFSHIN, A., SUR, P. J., FAY, K. A., CORNABY, L., FERRARA, G., SALAMA, J. S., & MURRAY, C. J. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 393, n. 10184, p. 1958-1972, 2019.
- AN, Z., ZHANG, H., LI, W., YANG, X., KANG, Y., ZHENG, M., & LEI, B. Large-Scale Preparation of Peanut-Bran-Derived Carbon Dots and Their Promoting Effect on Italian Lettuce. **ACS Agricultural Science & Technology**, 2021.
- ANGELAKIS, A. N., ZACCARIA, D., KRASILNIKOFF, J., SALGOT, M., BAZZA, M., ROCCARO, P., FERERES, E. Irrigation of world agricultural lands: Evolution through the Millennia. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1285, 2020.
- AZEVEDO, F. F. D., PERXACS, H., & ALIÓ, M. À. Dimensão social da agricultura urbana e periurbana. **Mercator (Fortaleza)**, v. 19, 2020.
- BRANDUINI, P. N., VAN DER SCHANS, J. W., LORLEBERG, W., ALFRANCA, O., ALVES, E., ANDERSON, G., WYDLER, H. It is a business! Business models in urban agriculture. 2016.
- BRASIL, Hortifruti. Anuário 2017-2018. **Piracicaba: HF BRASIL**, 2018.
- CALORI, A. H. (2013). **Cultivo de *baby leaf* em sistema hidropônico NFT em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e do espaçamento entre plantas**. 2013. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto Agrônomo de Campinas±IAC, Campinas, 2013
- CANELLA, D. S., LOUZADA, M. L. D. C., CLARO, R. M., COSTA, J. C., BANDONI, D. H., LEVY, R. B., & MARTINS, A. P. B. Consumo de hortaliças e sua relação com os alimentos ultraprocessados no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, p. 50, 2018.
- CARDOSO, M. R. D., MARCUZZO, F. F. N., & BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. 2014.
- CARNEIRO, O. L., PURQUEIRO, L., TIVELLI, S. W., SANCHES, J., & CIA, P. É possível produzir *baby leaf* de rúcula em bandejas com diferentes volumes de células. **Hort. Bras**, v. 26, p. 6295-6300, 2008.

- CHAKRAVARTY, D., ERANDE, M. B., & LATE, D. J. Graphene quantum dots as enhanced plant growth regulators: effects on coriander and garlic plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2772-2778, 2015.
- COOK, J., OVIATT, K., MAIN, D. S., KAUR, H., & BRETT, J. Re-conceptualizing urban agriculture: an exploration of farming along the banks of the Yamuna River in Delhi, India. **Agriculture and Human Values**, v. 32, n. 2, p. 265-279, 2015.
- CORBOULD, C. Feeding the cities is urban agriculture the future of food security. **Future Directions International**, 2013.
- DEMARTELAERE, A. C. F., SILVA, T. B. M., PRESTON, H. A. F., SANTOS FERREIRA, A., SANTOS RODRIGUES, A. L., SANTOS FEITOSA, S., BENJAMIM, R. F. O cultivo hidropônico de alface com água de reuso. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 90206-90224, 2020.
- DO NASCIMENTO, W.S. Comportamento da alface roxa em resposta à aplicação foliar de bioestimulante no momento do transplante. Edição 1 São Paulo: **Científica Digital**, 01/07/2021.
- EHTESABI, H., HALLAJI, Z., NOBAR, S. N., & BAGHERI, Z. Carbon dots with pH-responsive fluorescence: A review on synthesis and cell biological applications. **Microchimica Acta**, v. 187, n. 2, p. 1-18, 2020.
- EMBRAPA. Alface é tema de debates. 2011. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8812945/alface-e-tema-de-debates> >. Acesso em 28 de outubro de 2021.
- ESPÍNDOLA, J. D. S. (2012). **Produção de baby leaf de alface em bandejas com reaproveitamento de substrato**. 2012. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.
- FERREIRA, D. F. (2010). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(6), 1039–1042.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa. MG: Ed. UFV, 2005. 412 p.
- FORSTER, T., EGAL, F., GETZ ESCUDERO, A., DUBBELING, M., & RENTING, H. Milan urban food policy pact: selected good practices from cities. **Fondazione Giangiacomo Feltrinelli: Milan**, 2015.

- FURLANI, P. R., SILVEIRA, L. C. P., BOLONHEZI, D., & FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas: parte 2-Solução Nutritiva. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em 3 de outubro de 2021.
- GIMÉNEZ, A., FERNÁNDEZ, J. A., PASCUAL, J. A., ROS, M., SAEZ-TOVAR, J., MARTINEZ-SABATER, E., EGEA-GILABERT, C. Promising composts as growing media for the production of *baby leaf* lettuce in a floating system. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1540, 2020.
- GIRALDO, J. P., WU, H., NEWKIRK, G. M., & KRUSS, S. Nanobiotechnology approaches for engineering smart plant sensors. **Nature nanotechnology**, v. 14, n. 6, p. 541-553, 2019.
- GORYACHEVA, I. Y., SAPELKIN, A. V., & SUKHORUKOV, G. B. Carbon nanodots: mechanisms of photoluminescence and principles of application. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 90, p. 27-37, 2017.
- GROWPLANT. Carolina Soil. Growplant. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em:< <https://www.growplant.com.br/carolina-soil.html> >. Acesso em 4 de outubro de 2021.
- HF BRASIL - Hortifrúti Brasil. **Anuário hortifrúti Brasil 2017-2018**. 16.ed. São Paulo: HF Brasil, 2018. 54p
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017: estatística de produção pecuária. Indicadores IBGE. Indicadores IBGE. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 6 de outubro de 2021.
- IZIDÓRIO, T. H. C., DE LIMA, S. F., VENDRUSCOLO, E. P., DE ÁVILA, J., & ALVAREZ, R. D. C. F. Bioestimulante via foliar em alface após o transplântio das mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2015.
- JOSHI, S. M., DE BRITTO, S., & JOGAIHAH, S. Myco-engineered selenium nanoparticles elicit resistance against tomato late blight disease by regulating differential expression of cellular, biochemical and defense responsive genes. **Journal of Biotechnology**, v. 325, p. 196-206, 2021.
- JUÁREZ-MALDONADO, A., ORTEGA-ORTÍZ, H., MORALES-DÍAZ, A. B., GONZÁLEZ-MORALES, S., MORELOS-MORENO, Á., SANDOVAL-RANGEL, A., BENAVIDES-MENDOZA, A. Nanoparticles and nanomaterials as plant

- biostimulants. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 1, p. 162, 2019.
- KANG, Z., & LEE, S. T. Carbon dots: advances in nanocarbon applications. **Nanoscale**, v. 11, n. 41, p. 19214-19224, 2019.
- KHAN, I., SAEED, K., & KHAN, I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. **Arabian journal of chemistry**, v. 12, n. 7, p. 908-931, 2019.
- KOU, E., YAO, Y., YANG, X., SONG, S., LI, W., KANG, Y., LEI, B. Regulation Mechanisms of Carbon Dots in the Development of Lettuce and Tomato. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 9, n. 2, p. 944-953, 2021.
- KRILLTECH. RESULTADOS NO CAMPO. Krilltech - Nanotecnologia Agro. 2021. Disponível em: <https://krilltech.com.br/resultados-no-campo/>. Acesso em: 9 out. 2021.
- LI, Y., LI, W., ZHANG, H., DONG, R., LI, D., LIU, Y., LEI, B. Biomimetic preparation of silicon quantum dots and their phytophysiology effect on cucumber seedlings. **Journal of Materials Chemistry B**, v. 7, n. 7, p. 1107-1115, 2019.
- LI, Y., XU, X., WU, Y., ZHUANG, J., ZHANG, X., ZHANG, H., LIU, Y. A review on the effects of carbon dots in plant systems. **Materials Chemistry Frontiers**, v. 4, n. 2, p. 437-448, 2020.
- LOHRBERG, F., LIČKA, L., SCAZZOSI, L., & TIMPE, A. (Ed.). **Urban agriculture europe**. Jovis, 2015.
- LOPES, C. A., QUEZADO-DUVAL, A. M., & REIS, A. **Doenças da alface**. Brasília - DF: Embrapa Hortaliças, 2010.
- LUENGO, R. F. A., CALBO A. G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: embrapa, 2001. p. 15.
- MAMPHOLO, B. M., MABOKO, M. M., SOUNDY, P., & SIVAKUMAR, D. Phytochemicals and overall quality of leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties grown in closed hydroponic system. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 6, p. 805-815, 2016.
- MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Scientia Forestalis**, p.77-85, 2006.
- MASWADA, H. F.; MAZROU, Y. S. A.; ELZAAWELY, A. A.; ALAM-ELDEIN, S. M. Nanomaterials. Effective tools for field and horticultural crops to cope with drought

stress: A review. **Spanish Journal of Agricultural Research**, vol. 18, no. 2, p. 1–15, 2020.

Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. *Vigitel Brasil 2014: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico*. Brasília (DF); 2015. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2014.pdf>. Acesso em 3 de outubro de 2021.

MORAES, L. A. S. **Produção de *baby leaf* de alface em bandejas com reaproveitamento de substrato**. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto Agronômico de Campinas±IAC, Campinas, 2013

PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T. **Olericultura**. 1. ed. Brasília. DF: Ed. NT Editora, 2016. 158p.

PORTO, A. H., JÚNIOR, A. W., MANTELI, C., XAVIER, E., & RICKLI, P. R. Densidades de sementes em sistema hidropônico no desenvolvimento de rúcula *baby leaf*. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 4, p. 11-22, 2019.

PURQUERIO, L. F. V., BAQUEIRO, L. H. R., SANCHES, J., TIVELLI, S. W., & CIA, P. Produção de *baby leaf* de alface Elisa em diferentes volumes de células. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**. Guarapari: Associação Brasileira de Horticultura, 2010.

PURQUERIO, L., CALORI, A., MORAES, L., FACTOR, T., & TIVELLI, S. Produção de *baby leaf* em bandejas utilizadas para produção de mudas e em hidroponia NFT. **Produção de mudas de hortaliças. Brasília: Embrapa**, p. 221-253, 2016.

PURQUERIO, L., MORAES, C., FACTOR, T., & CALORI, A. Bioeconomia: promoção da horticultura urbana do século XXI. **O Agrônomo**, v. 70, p. 6-19, 2018.

QU, S., WANG, X., LU, Q., LIU, X., & WANG, L. A biocompatible fluorescent ink based on water-soluble luminescent carbon nanodots. **Angewandte Chemie international edition**, v. 51, n. 49, p. 12215-12218, 2012.

REZENDE, L. F. M., AZEREDO, C. M., CANELLA, D. S., DO CARMO LUIZ, O., LEVY, R. B., & ELUF-NETO, J. Coronary heart disease mortality, cardiovascular disease mortality and all-cause mortality attributable to dietary intake over 20 years in Brazil. **International journal of cardiology**, v. 217, p. 64-68, 2016.

- ROCHA, G. G., MIYAGI, A. M. C., GUIMARÃES, L. I., DE LIMA CARDOSO, V., MATIAS, A. C. G., & DE ABREU, E. S. Qualidade microbiológica de couve manteiga (*Brassica oleracea*) minimamente processada comercializada em São Paulo, Brasil. **Revista Univap**, v. 20, n. 36, p. 47-53, 2015.
- ROUPHAEL, Y., & COLLA, G. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, v. 11, p. 40, 2020.
- RYDER E. J. Lettuce, endive and chicocoy. **New York: CABI Publisinhg**, 1999. 208p.
- SAATH, K. C. D. O., & FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil1. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 195-212, 2018.
- SABIO, R. P., VENTURA, M. B., & CAMPOLI, S. S. Mini e “baby” frutas e hortaliças. **Revista Hortifruti Brasil**, v. 11, n. 120, 2013.
- SALA, F. C.; COSTA C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.187-194, 2012.
- SANTOS, B. A., TEIXEIRA, F., DO AMARAL, L. A., RANDOLPHO, G. A., SCHWARZ, K., SANTOS, E. F., NOVELLO, D. Caracterização química e nutricional de polpa de frutas armazenadas sob congelamento. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 1, 2019.
- SECOM UNB. Desenvolvido na UnB, unicórnio brasileiro tem potencial para revolucionar agronegócio. 2020. Artigo em Hypertexto. Disponível em:< <https://noticias.unb.br/117-pesquisa/4628-desenvolvido-na-unb-unicornio-brasileiro-tem-potencial-para-revolucionar-agronegocio>>. Acesso em 29 de outubro de 2021.
- SEGASPINI, M. J. **Efeito do recobrimento de soluções de quitosana em alfaves minimamente processadas**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa. **Brasília, DF: Embrapa Hortaliças**, 2013, 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).
- TAN, T. L., ZULKIFLI, N. A., ZAMAN, A. S. K., BINTI JUSOH, M., YAAPAR, M. N., & RASHID, S. A. Impact of photoluminescent carbon quantum dots on

- photosynthesis efficiency of rice and corn crops. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 737-751, 2021.
- TARAFDAR, J. C., RALIYA, R., MAHAWAR, H., & RATHORE, I. Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). **Agricultural Research**, v. 3, n. 3, p. 257-262, 2014.
- TAVARES, A. T.; VAZ, J. C.; HAESBAERT, F. M.; REYES, I. D. P.; ROSA, P. H. L.; FERREIRA, T. A.; NASCIMENTO, I. R. Adubação NPK como promotor de crescimento em alface. **Agri-Environmental Sciences**, v. 5, n. (s/n), p. 1-9, 2019.
- VALENT, J. Z., DE OLIVEIRA, L., & VALENT, V. D. Agricultura urbana: o desenvolvimento de um projeto social. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 7, n. 2, p. 4-19, 2017.
- WANG, X., OUYANG, Y., LIU, J., ZHU, M., ZHAO, G., BAO, W., & HU, F. B. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Bmj**, v. 349, 2014.
- WANG, Y., & HU, A. Carbon quantum dots: synthesis, properties and applications. **Journal of Materials Chemistry C**, v. 2, n. 34, p. 6921-6939, 2014.
- WILLETT, W., ROCKSTRÖM, J., LOKEN, B., SPRINGMANN, M., LANG, T., VERMEULEN, S., MURRAY, C. J. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.
- XU, X., MAO, X., ZHUANG, J., LEI, B., LI, Y., LI, W., LIU, Y. PVA-coated fluorescent carbon dot nanocapsules as an optical amplifier for enhanced photosynthesis of lettuce. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 8, n. 9, p. 3938-3949, 2020.
- ZAHEDI, S. M.; KARIMI, M.; TEIXEIRA DA SILVA, J. A. The use of nanotechnology to increase quality and yield of fruit crops. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 100, no. 1, p. 25–31, 2020.
- ZAYTSEVA, O., & NEUMANN, G. Carbon nanomaterials: production, impact on plant development, agricultural and environmental applications. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1-26, 2016.

ZHAO, L., SUN, Y., HERNANDEZ-VIEZCAS, J. A., SERVIN, A. D., HONG, J., NIU, G., GARDEA-TORRESDEY, J. L. Influence of CeO₂ and ZnO nanoparticles on cucumber physiological markers and bioaccumulation of Ce and Zn: a life cycle study. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 49, p. 11945-11951, 2013.

ZHENG, Y., XIE, G., ZHANG, X., CHEN, Z., CAI, Y., YU, W., LEI, B. Bioimaging application and growth-promoting behavior of carbon dots from pollen on hydroponically cultivated Rome lettuce. **ACS omega**, v. 2, n. 7, p. 3958-3965, 2017.

ANEXO 1 - Concentração dos sais utilizados para preparo da solução nutritiva (FURLANI, 2009).

Sal/fertilizante	g/1000L
Solução A	
Nitrato de cálcio	750
Ferro (Fe-EDTA 3,4 %)	47
Solução B	
Nitrato de potássio	500
Fosfato monoamônio	150
Sulfato de magnésio	400
Solução de Micronutrientes	
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	0,5
Sulfato de manganês	1,5
Ácido bórico	1,5
Molibdato de amônio	0,15

ANEXO 2 — Análises de Variância das plantas de alface *baby* 39 dias após a semeadura aplicando concentrações diferentes de Arbolina.

Massa úmida total (g)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	26,6061	3,7677	13,167	0,0000
Repetição	4	2,4340	0,6085	2,126	0,1086
Erro	24	6,8677	0,2862		
Total corrigido	34	31,9078		C.V. (%): 12,30	

Massa úmida da parte aérea (g)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	14,1134	2,3522	22,580	0,0000
Repetição	4	1,2578	0,3144	31,018	0,0377
Erro	24	2,5001	0,1042		
Total corrigido	34	17,8713		C.V. (%): 11,06	

Massa úmida da raiz (g)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	1,0306	0,1718	1,551	0,2047
Repetição	4	0,2849	0,0712	0,643	0,6371
Erro	24	2,6582	0,1108		
Total corrigido	34	3,9736		C.V. (%): 23,59	

Massa seca total (g)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	0,0478	0,0080	3,139	0,0204
Repetição	4	0,0126	0,0031	1,238	0,3214
Erro	24	0,0608	0,0025		
Total corrigido	34	0,1212		C.V. (%): 17,18	

Massa seca da parte aérea (g)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	0,0382	0,0064	5,266	0,0014
Repetição	4	0,0060	0,0015	1,252	0,3161
Erro	24	0,0290	0,0012		
Total corrigido	34	0,0732		C.V. (%): 16,72	

Massa seca da raiz (g)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	0,0018	0,0003	1,177	0,3513
Repetição	4	0,0012	0,0003	1,226	0,3262
Erro	24	0,0060	0,0025		
Total corrigido	34	0,0090		C.V. (%): 18,46	

Área da raiz (cm ²)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	64,7632	10,7939	4,229	0,0048
Repetição	4	13,6082	3,4021	1,333	0,2865
Erro	24	61,2528	2,5522		
Total corrigido	34	139,6242		C.V. (%): 10,69	

Altura da planta (cm)					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	40,2411	6,7069	28,757	0,0000
Repetição	4	0,5742	0,1435	0,615	0,6557
Erro	24	5,5973	0,2332		
Total corrigido	34	46,4126		C.V. (%): 5,98	

Número de folhas					
F.V	GL	SQ	QM	Valor f	Valor-p
Dose	6	1,7965	0,2994	2,626	0,0422
Repetição	4	0,0981	0,2452	0,215	0,9275
Erro	24	2,7366	0,1140		
Total corrigido	34	4,6311		C.V. (%): 6,23	