

1 **RAFAELA PEREIRA MIRANDA**

2

3

4

5

6

7

8 **SOLUÇÕES NUTRITIVAS E HORÁRIO DE**
9 **COLHEITA DE ALFACE EM SISTEMA**
10 **HIDROPÔNICO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

11

12

13

14

15 **Dissertação de Mestrado**

16

17

18

19

20

21 **ALTA FLORESTA-MT**

22

2020

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

RAFAELA PEREIRA MIRANDA	
Diss. MESTRADO	
PPGBioAgro 2020	



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS



RAFAELA PEREIRA MIRANDA

**SOLUÇÕES NUTRITIVAS E HORÁRIO DE
COLHEITA DE ALFACE EM SISTEMA
HIDROPÔNICO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Caione

ALTA FLORESTA-MT

2020

1 AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
2 TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU
3 ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE
4 QUE CITADA A FONTE.

5

6

7

8

9

10

11

12

Catálogo na publicação

13

Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

B415s MIRANDA, Rafaela Pereira

Soluções nutritivas e horário de colheita de alface
cultivada em sistema hidropônico na Amazônia Merirional /
Rafaela Pereira Miranda.– Alta Floresta-MT, 2020.

49 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e
Agroecossistemas Amazônicos. Área de Concentração:
Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) –
Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de
Ciências Biológicas e Agrárias.

Orientação: Dr. Gustavo Caione.

1.Nitrato. 2.Amônio. 3. Sistema NFT. I. Título.

CDD 876 956

14

1 **SOLUÇÕES NUTRITIVAS E HORÁRIO DE**
2 **COLHEITA DE ALFACE EM SISTEMA**
3 **HIDROPÔNICO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

4
5 **RAFAELA PEREIRA MIRANDA**

6
7 Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso,
8 como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em
9 Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do
10 título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.
11

12 Aprovada em: 20/01/2020

13
14 _____
15 Prof. Dr. Gustavo Caione

16 Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro
17

18
19
20 _____
21 Prof. Dr. Tiago de Lisboa Parente

22 UNEMAT
23

24
25
26 _____
27 Prof. Dr. Hudson de Oliveira Rabelo

28 UNEMAT

DEDICATÓRIA

1

2

3 Ao todo poderoso, Deus, que prostrou seus ouvidos a mim e fez da
4 minha alma, calma.

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

AGRADECIMENTOS

Esta é sem dúvidas a parte mais difícil e importante deste trabalho, a possibilidade de agradecer a todos que estiveram presentes durante estes dois anos. Muito obrigada! Agradeço por ser vocês!

Posso assegurar que Deus esteve aqui, presente em cada momento de vitórias e derrotas. Certamente estará ao meu lado me guiando por onde eu for! Mas acredito que ele esteve junto de mim porque eu não desisti (mesmo que por pouco eu tenha pensado nisto) e segui mesmo com dores na alma. Espero em ti, entrego a ti e confio em ti cada dia de minha vida.

Diante de tremenda bondade, Deus, proporcionou a mim pais que são verdadeiros espíritos de luz e bondade. Agradeço à Wilton Arrais Miranda e Helena Pereira de Araújo Miranda pela admirável dedicação aos três filhos e ao neto. A força que vocês me dão diariamente é extraordinária e isso foi por vocês.

Diante desses longos anos, duas pessoas foram essenciais para mim, Gabriela e Daniel (irmãos). Grata a vocês por me escutarem e me apoiarem em todos os meus ciclos, e quero dizer a vocês que é recíproco!

Não sei dizer se é destino ou alguma lei do universo, mas encontrar pessoas com a energia tão boa foi quase um choque de felicidade para mim, meu namorado Roberto Patel Junior, minha sogra Juraci Patel e meu orientador Gustavo Caione, acredito que algum dia eu possa retribuir a bondade de vocês comigo neste último ano. Gratidão!

E aos amigos Alumara, Ariel, Kethleen, Bianca, Daniele, José Valiguszki, Guilherme Ferbonink, Tiago Parente, pela amizade e companheirismo nesses anos. Muito obrigada pela ajuda e conversas. E ao produtor rural Reginaldo por liberar sua propriedade para a realização do experimento III.

Por fim, à Universidade do Estado de Mato Grosso pela oportunidade da pós-graduação gratuita. À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e ao Lasaf, que foi minha segunda casa por longos anos.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

“...tudo que um homem pode conceber e acreditar ele
pode alcançar.”

17

18

19

Napoleon Hill

20

21

22

23

24

SUMÁRIO

1		
2	LISTA DE TABELAS	v
3	LISTA DE SIGLAS	vii
4	RESUMO.....	viii
5	ABSTRACT	xi
6	1. INTRODUÇÃO.....	1
7	2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
8	2.1 A cultura da alface.....	2
9	2.2 Cultivo hidropônico	3
10	2.3 Soluções nutritivas	4
11	2.4 Nitrato em hortaliças folhosas	5
12	2.5 Relação nitrato:amônio em sistemas hidropônicos.....	7
13	2.6 Absorção de nitrato em diferentes horários de colheita.....	8
14	3. MATERIAL E MÉTODOS	9
15	3.1 Teste de solução nutritiva (Experimento I)	9
16	3.2 Horário de colheita (Experimento II).....	12
17	3.2.1 Análise de nitrato na massa seca	13
18	3.2.2 Nitrogênio total na massa seca	14
19	3.3 Desempenho de cultivares em sistema NFT comercial (Experimento III)	15
20	4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
21	4.1 Soluções nutritivas (Experimento I)	16
22	4.2 Horário de colheita (Experimento II).....	19
23	4.2.1 Análises morfológicas.....	19
24	4.2.2 Teor de nitrato e nitrogênio total em função do horário de colheita.....	21
25	4.3 Desempenho de cultivares em sistema NFT comercial (Experimento III)	22
26	4.3.1 Análises morfológicas.....	22
27	4.3.2 Teor de nitrato e nitrogênio total em cultivares de alface	25
28	4. CONCLUSÕES.....	26
29	5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

30

31

32

33

LISTA DE TABELAS

1		
2	1.	Tabela 1. Composição da solução nutritiva de Hoagland e Arnon
3		(1950). 10
4	2.	Tabela 2. Soluções nutritivas proposta por Castellane e Araújo (1995)
5		e Pereira Neto (1997). 11
6	3.	Tabela 3. Relação amônio:nitrato e concentrações dos nutrientes na
7		solução nutritiva, Wenceslau (2019). 13
8	4.	Tabela 4. Soluções padrão de N para determinação de nitrato na
9		matéria seca. 14
10	5.	Tabela 5. Valores médios para altura de plantas (AP), número de
11		folhas (NF), comprimento de caule (CC), comprimento de raiz (CR) e
12		volume de raiz (VR) em alface americana cv. Rafaela cultivada em
13		sistema hidropônico nas soluções nutritivas de Hoagland e Arnon
14		(1950), Castellane e Araújo (1995), Pereira Neto (1997) e solução
15		comercial. UNEMAT- Alta Floresta (MT), 2019..... 18
16	6.	Tabela 6. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz
17		(MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz
18		(MSR) de alface americana cv. Rafaela cultivada em sistema
19		hidropônico nas soluções nutritivas de Hoagland e Arnon (1950),
20		Castellane e Araújo (1995), Pereira Neto (1997) e Solução Comercial.
21		UNEMAT – Alta Floresta (MT), 2019. 19
22	7.	Tabela 7. Número de folhas (NF), altura de planta (AP), comprimento
23		de caule (CC), comprimento de raiz (CR) e volume de raiz (VR) em
24		alface americana cv. Rafaela cultivada na solução nutritiva de
25		Hoagland e Arnon (1950) na relação de nitrato/amônio de 75:25 em
26		função do horário de colheita. UNEMAT – Alta Floresta (MT), 2019... 20
27	8.	Tabela 8. Valores médios da massa fresca da parte aérea (MFPA),
28		massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e
29		massa seca de raiz (MSR) em alface americana cv. Rafaela cultivada
30		na relação nitrato/amônio na solução nutritiva de Hoagland e Arnon

1	(1950) em função do horário de colheita. UNEMAT – Alta Floresta	
2	(MT), 2019.	21
3	9. Tabela 9. Teor de nitrato na massa fresca e nitrogênio total na massa	
4	seca de alface cv. Rafaela em função do horário de colheita. UNEMAT	
5	- Alta Floresta (MT), 2019	22
6	10. Tabela 10. Número de folhas (NF), altura de plantas (AP),	
7	comprimento de raiz (CR) e volume de raiz (VR) de alface cultivada	
8	em sistema NFT tipo comercial utilizando as cultivares Brasil 303,	
9	Brida, Grand Rapids, Mauren, Nataly e Rafaela no município de Alta	
10	Floresta (MT), 2019	23
11	11. Tabela 11. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz	
12	(MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz	
13	(MSR) de alface cultivada em sistema NFT tipo comercial utilizando	
14	as cultivares Brasil 303, Brida, Grand Rapids, Mauren, Nataly e	
15	Rafaela no município de Alta Floresta (MT), 2019.....	24
16	12. Tabela 12. Teor de nitrato na massa fresca e nitrogênio total na massa	
17	seca em alface cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT	
18	comercial utilizando as cultivares Brasil 303, Brida, Grand Rapids,	
19	Maures, Nataly e Rafaela. Alta Floresta (MT), 2019	26

20
21
22
23
24
25
26
27

LISTA DE SIGLAS

1	
2	L Litro
3	NO₃⁻ Nitrato
4	NH₄⁺ Amônio
5	N-Total Nitrogênio total
6	N Nitrogênio
7	NFT Nutrient Film Technique
8	NO₃:NH₄⁺ Relação nitrato/amônio
9	mS Micro Siemens
10	NaOH Hidróxido de sódio
11	SHV Sistema Hidropônico vertical
12	
13	
14	a.C. Antes de cristo
15	pH Potencial hidrogeniônico
16	g kg⁻¹ Grama por quilograma
17	cm⁻³ Centímetro cúbico
18	mg kg⁻¹ Miligrama por quilograma
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	RESUMO

1 MIRANDA, Rafaela Pereira. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso,
2 Janeiro de 2020. **Soluções nutritivas e horário de colheita de alface em**
3 **sistema hidropônico na Amazônia meridional.** Orientador: Gustavo Caione

4 As soluções nutritivas presentes na literatura e no mercado apresentam variadas
5 concentrações de nutrientes, juntamente a isto, a alface apresenta alta
6 predisposição ao acúmulo de nitrato. Neste contexto, o objetivo do presente
7 trabalho foi avaliar o desempenho de soluções nutritivas, acúmulo de nitrato em
8 diferentes horários de colheita e desempenho da solução nutritiva na proporção
9 75:25 de nitrato:amônio com cultivares de alface em sistema nutrient film
10 technique (NFT). Os experimentos foram conduzidos em ambiente protegido
11 localizado na Universidade do Estado de Mato Grosso e em hidroponia
12 comercial, localizada no município de Alta Floresta – MT. No experimento I foi
13 avaliado o efeito de diferentes soluções nutritivas, sendo a de Hoagland e Arnon
14 (1950), Castellane e Araújo (1995), Pereira Neto (1997) e uma solução nutritiva
15 comercial. No experimento II foi utilizada a solução que apresentou melhores
16 resultados no experimento I (Hoagland e Arnon (1950) a proporção 75:25 de
17 nitrato:amônio) e avaliou-se o efeito do horário de colheita. No terceiro
18 experimento avaliou-se a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com a
19 proporção 75:25 de nitrato e amônio com cultivares de alface em sistema
20 hidropônico comercial. Ao término dos experimentos, foi avaliado a altura de
21 plantas, número de folhas, comprimento de caule, comprimento de raiz, volume
22 de raiz, massa fresca de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz,
23 teor de nitrato na massa fresca e nitrogênio total na massa seca. A solução
24 nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) proporciona o desenvolvimento da alface
25 a nível comercial, apresentando número de folhas e tamanho conforme o exigido
26 pelo mercado consumidor. A colheita realizada às 6:00 horas proporciona o
27 menor acúmulo de nitrato na massa fresca da alface e a colheita realizada às
28 12:00 horas ocorre o maior acúmulo de nitrato. A proporção 75:25 de nitrato e
29 amônio em sistema NFT comercial proporcionou a redução de 13 dias da alface
30 nos perfis hidropônicos. Os teores de nitrato nas cultivares de alface crespa,
31 americana e mimosa estão abaixo dos níveis recomendados pela comunidade
32 europeia, não sendo, portanto, um problema alimentar para os consumidores de
33 alface. Apesar da região amazônica apresentar temperaturas elevadas, o

1 acúmulo de nitrato em cultivares de alface não apresenta risco para a saúde
2 humana.

3

4 Palavras-chave: Nitrato, amônio, sistema NFT, hortaliça, hidroponia.

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

ABSTRACT

MIRANDA, Rafaela Pereira. M.S.DRESCH, Ana Maria Rodrigues. M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso, January 2020. **Nutritional solutions and lettuce harvest time in hydroponic system in the southern Amazon.** Adviser: Gustavo Caione.

As nutritional solutions present in the literature and in the market, they present variations of nutrients, including this, it presents a high predisposition to the accumulation of nitrate. In this context, the objective of the present work was to evaluate the performance of nutrient solutions, the nitrate increase at different harvest times and the performance of the nutrient solution at 75:25 nitrate: ammonium with cultivar system nutrient film technique (NFT). The experiments were conducted in a protected environment located at Mato Grosso State University and in commercial hydroponics, located in Alta Floresta - MT. No experiments were evaluated as effects of different nutritional solutions, being Hoagland and Arnon (1950), Castellane and Araújo (1995), Pereira Neto (1997) and a commercial nutrient solution. No experiment II was used in the solution showing the best results in experiment I (Hoagland and Arnon (1950), with a ratio of 75:25 nitrate: ammonium) and the effect of harvest time was calculated. In the third experiment evaluated, a nutrient solution from Hoagland and Arnon (1950) with a 75:25 ratio of nitrate and ammonium to surface cultivars in the commercial hydroponic system. At the end of the experiments, plant height, leaf number, stem length, root length, root volume, shoot and root fresh mass, shoot and root dry mass, fresh mass nitrate content were evaluated. and total nitrogen in dry mass. The nutritional solution of Hoagland and Arnon (1950) provides the development of a commercial level, presenting the number of leaves and the size appropriate or required by the consumer market. Harvesting at 6:00 am gives the smallest volume of nitrate in the fresh surface mass, and harvesting at 12:00 am the largest volume of nitrate. The 75:25 ratio of nitrate and ammonium in the commercial NFT system offered a 13-day reduction from comparison in hydroponic profiles. Nitrate levels in curly, American and mimosa lettuce crops are below the levels recommended by the European community and therefore not a food problem for lettuce. Despite the Amazon region presented at elevated

1 temperatures, the increase of nitrate in surface cultivars does not present a risk
2 to human health.

3 Keywords: Nitrate, ammonium, NFT system, vegetables, hydroponics.

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1. INTRODUÇÃO

A mudança no hábito alimentar do consumidor vem proporcionando o aumento no consumo de hortaliças, principalmente no que se refere a hortaliças folhosas, como por exemplo, a alface, largamente consumida em todo o território brasileiro. Por outro lado, com o aumento do consumo, veio também, a maior exigência do consumidor a esses alimentos, visando não apenas a quantidade, mas também há a procura por qualidade. Devido a essa tendência de mercado, o cultivo de hortícolas em ambiente protegido vem crescendo exponencialmente a cada ano. Através do cultivo protegido, tornou-se possível controlar as interferências ambientais, que podem em determinadas épocas do ano limitar a produção de hortaliças (COSTA et al., 2018).

Uma das preocupações na produção de alface em sistema hidropônico é a sua tendência em acumular nitrato (NO_3^-) em seus tecidos, no qual é reduzido a amônio (NH_4^+), porém, em altas quantidades, não ocorre a redução total e a planta acumula NO_3^- . Em contato com a saliva bucal, o NO_3^- é convertido à nitrito, que por sua vez, presente na corrente sanguínea oxida o ferro ($\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$) da hemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio para respiração celular (JUCHEN; SUSZEK; BOAS, 2013).

Um método para diminuir os teores de NO_3^- nos tecidos das hortaliças é fazer o balanço do NO_3^- e NH_4^+ na solução nutritiva. Porém, não é uma medida fácil, levando em conta que o seu acúmulo depende de diversos fatores como genética, fatores ambientais, horário de colheita e sistema de cultivo (COMETTI et al., 2004).

Uma forma de enfrentar esta situação é fazendo a escolha correta do horário de colheita, onde, ao se realizar a colheita em horários com temperaturas mais baixas, diminui o acúmulo de nitrato nas hortaliças folhosas. Nestes horários, há baixa incidência luminosa, no qual a planta absorve menos nutrientes, havendo baixa transpiração e diminui o fluxo de água, no que, conseqüentemente, diminui o acúmulo de nitrato (TURAZI et al., 2006).

Alguns estudos salientam a importância e respondem algumas questões referentes ao acúmulo de NO_3^- em hortícolas, tais como o desequilíbrio entre a absorção e assimilação, estocando o excedente nos vacúolos (ANDRIOLO, 1999), fatores genéticos, ambientais e forma de nitrogênio (OSHE,

1 1999). No entanto, estudos em regiões Amazônicas, avaliando o efeito de
2 soluções nutritivas, horário de colheita e o desempenho de cultivares de alface
3 em sistema hidropônico comercial não foram encontrados na literatura.

4 O uso de sistemas hidropônicos tem se intensificado nesta região, no
5 entanto, não existe estudos relacionados a isto. Haja vista na diferença do clima
6 com as demais regiões, onde estes sistemas de cultivo são tradicionais, e em
7 virtude de elevadas temperaturas o acúmulo de NO_3^- é superior nessa região,
8 comparadas a regiões mais amenas. No qual a utilização da solução nutritiva
9 tradicional composta por 100% NO_3^- , resulta no acúmulo do elemento, que por
10 sua vez, é prejudicial à saúde humana. Portanto, após indicar a melhor relação
11 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ em condições experimentais em casa de vegetação há a necessidade
12 de avaliar esta solução em sistema hidropônico comercial.

13 Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o
14 desempenho de soluções nutritivas, acúmulo de nitrato em diferentes horários
15 de colheita e desempenho da solução nutritiva na proporção 75:25 de
16 nitrato:amônio com cultivares de alface em sistema nutrient film technique (NFT).

31 **2. REVISÃO DE LITERATURA**

32 **2.1 A cultura da alface**

1 Pertence à família das Asteraceae, a alface (*Lactuca sativa* L.) tem
2 sua origem de regiões de clima temperado. Está comumente nas mesas dos
3 brasileiros, o que a torna a hortaliça folhosa mais consumida no país e apresenta
4 relevante produção mundial. A alface apresenta folhas grandes, podendo ser
5 lisas ou crespas, que se prendem ao caule, com formação ou não de “cabeça”
6 (FILGUEIRA, 2000).

7 A produção estimada no Brasil chega em torno de 35 mil hectares
8 anualmente (LOPES et al., 2010). A alface apresenta também grande
9 importância na alimentação humana, consumida preferencialmente na forma in
10 natura e por ser fonte de vitaminas e sais minerais (SILVA et al., 2011). Devido
11 ao baixo valor calórico é recomendada para dietas ricas em fibras (FILGUEIRA,
12 2008) e seu benefício nutricional depende da composição (CECATTO, 2012).

13 Entre os tipos de alface comercializadas atualmente, tem-se a alface
14 americana, que é preferencialmente utilizada em redes de *fast foods* (YURI et
15 al., 2002). Yuri et al. (2017) ressaltam que nos Estados Unidos este grupo é o
16 mais importante dentre as hortaliças. Apresenta consumo *per capita* superior a
17 11,3 kg ano⁻¹, no qual é geralmente consumida em forma de saladas.

18 Outro tipo de alface de alta importância econômica são as
19 pertencentes ao grupo crespa. O grupo crespa lidera o rank de produção de
20 alface no Brasil, cerca de 70%. Onde o grupo americana e lisa obtém 15% e
21 10%, respectivamente, do mercado nacional (BLAT, 2011).

22 Um fator importante para a produção da alface é a alta exigência no
23 consumo de água. O déficit hídrico pode limitar a produção do vegetal, podendo
24 prejudicar a segurança alimentar e microeconomia de algumas regiões
25 brasileiras, um exemplo disso são regiões semiáridas (CASSIMIRO et al., 2019).
26 Diante do quadro de baixa oferta e/ou preocupação com os recursos hídricos
27 utilizados de forma exacerbada, têm-se como alternativa o cultivo hidropônico,
28 que apresenta vantagens tanto ao consumidor quanto ao produtor em relação
29 ao cultivo convencional (PAULS et al., 2012).

30 **2.2 Cultivo hidropônico**

31 Historicamente o cultivo sem solo teve seus primeiros relatos nos
32 Jardins suspensos da Babilônia (605-562 a.C.), Jardins Flutuantes da China (há
33 500-700 anos) e cultivos à beira do Rio Nilo há cerca de 3.000 anos (COMETTI,

1 2003). Entretanto, somente em 1650 iniciaram os primeiros trabalhos com cultivo
2 sem solo, promovidos por Van Helmont (RESH, 2002).

3 Esse “start” nas pesquisas de cultivo em água fez com que em 1804
4 Nicholas Théodore Saussure realize os primeiros estudos sobre soluções
5 nutritivas preparada a partir de vários sais dissolvidos em água destilada
6 (CARMELLO, 1998).

7 Atualmente o sistema hidropônico mais comumente utilizado é o
8 sistema NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes). Este sistema consiste no fluxo da
9 solução nutritiva nos canais de cultivo, onde estão localizadas as raízes,
10 fornecendo nutrientes e oxigênio em tempo pré-determinado. Basicamente, o
11 sistema é composto por tanque da solução nutritiva, canais de cultivo, moto-
12 bomba e temporizador (MARTINS et al., 2009). Com relação à solução nutritiva,
13 todas apresentam como ancestral comum a solução proposta por Hoagland e
14 Arnon (1950), no qual, os níveis de macronutrientes e micronutrientes são
15 semelhantes às soluções atuais (COMETTI et al., 2008)

16 Porém, a respeito do manejo, o sistema hidropônico de produção
17 comparado ao sistema convencional, reduz o uso de agrotóxicos, além de
18 ocorrer a melhor padronização do produto e possibilidades seguras de
19 escalonamento da produção (LUZ; GUIMARÃES; KORNDÖRFER, 2006). Em
20 contrapartida, o sistema hidropônico pode tornar as plantas suscetíveis a
21 desbalanços nutricionais, apresentar problemas na oxigenação e até mesmo
22 déficit hídrico em casos de quedas de energia (COMETTI, 2003).

23 Pelo ciclo curto e facilidade no manejo, a alface (*Lactuca sativa*) é a
24 principal hortaliça folhosa cultivada neste sistema de cultivo, abrindo “portas”
25 para produtores que desejam iniciar o cultivo hidropônico. De 30 à 35 dias em
26 solução nutritiva, a alface pode apresentar características comerciais,
27 proporcionando ao produtor o retorno rápido do investimento. No entanto, com o
28 uso de solução nutritiva, o acompanhamento técnico é de suma importância,
29 principalmente para questões de acúmulo de nutrientes prejudiciais à saúde
30 humana, como o NO_3^- (FERNANDES et al., 2002).

31

32 **2.3 Soluções nutritivas**

33 Partindo da perspectiva sobre a nutrição mineral de plantas, estudar

1 um dado nutriente isolado no solo torna-se um meio altamente complexo,
2 havendo a dificuldade em analisar, de forma isolada, os efeitos de cada um. Uma
3 forma simples, porém, tecnológica, são as escolhas de meios artificiais que
4 proporcione a realização de estudos que visam trabalhar as proporções de
5 diversos nutrientes ou apenas um nutriente. Um meio para isso é a utilização de
6 soluções nutritivas (FRANCO; PRADO, 2006).

7 Advindo desta necessidade em se estudar de forma isolada cada
8 nutriente mineral, Hoagland e Arnon em 1950 publicaram a primeira solução
9 nutritiva para o cultivo de plantas. Então, os primeiros estudos voltados a nutrição
10 de plantas iniciaram-se a partir da segunda metade do século XX (HEWITT,
11 1966).

12 A partir da solução nutritiva de Hoagland e Arnon diversos autores
13 realizaram modificações na proporção dos nutrientes, de modo que a quantidade
14 dos sais minerais alcançasse ótimo desenvolvimento da planta e produtividade.
15 Conseqüentemente, atualmente há no mercado inúmeras fórmulas utilizadas em
16 cultivos hidropônicos que provém de pesquisadores nacionais e internacionais
17 (SARRUGE, 1975; CASTELLANE; ARAÚJO, 1995; PEREIRA NETO, 1997;
18 FURLANI et al., 1999).

19 Um fator importante para o desenvolvimento de plantas em solução
20 nutritiva é a concentração de sais, de modo que as soluções nutritivas atuais
21 apresentam alta semelhança na concentração de macro e micronutrientes com
22 a solução nutritiva ancestral (COMETTI, 2003).

23 Wensceslau (2019) aponta a necessidade de ajustes frequentes na
24 solução nutritiva. Estes ajustes são realizados para impedir mudanças na
25 concentração dos nutrientes no meio e pH. Além desses fatores, há também a
26 necessidade diária de manter a oxigenação da solução nutritiva, para que não
27 ocorra danos nas raízes das culturas.

28 Concentrações elevadas de sais minerais podem alcançar níveis de
29 condutividade elétrica superiores a 2,0 mS cm⁻¹. Com o uso desta elevada
30 concentração as plantas em alta temperatura e luminosidade elevada, pode
31 acarretar distúrbios fisiológicos que não ocorre em regiões de clima temperado
32 (HUETT, 1994).

33

34 **2.4 Nitrato em hortaliças folhosas**

1 Hortaliças folhosas necessitam de atenção especial na nutrição, em
2 vista que, o acúmulo de determinados nutrientes pode ocasionar riscos à saúde.
3 Dentre os sistemas de cultivo, o hidropônico requer maior cuidado na
4 manipulação dos nutrientes, pois é capaz de ocorrer o maior acúmulo de NO_3^-
5 nas plantas comparadas às produzidas em sistema convencional de cultivo
6 (BENINNI et al., 2002). Esse acúmulo depende de vários fatores, como aqueles
7 de caráter genético, intensidade luminosa, horário da colheita, sistema de cultivo
8 e adubação. Contudo, a disponibilidade de N é o fator que mais influencia o
9 acúmulo de NO_3^- nos vacúolos das células vegetais (PÔRTO et al., 2012).

10 Em caráter da exposição humana ao NO_3^- , ocorre geralmente pela
11 água, cosméticos, agrotóxicos, entre outros. Contudo, a maior exposição ocorre
12 a partir do consumo de alimentos que o acumulam (DUTRA; RATH; REYES,
13 2007). Quando ingerido pelo homem, o NO_3^- é reduzido à nitrito e, com isto,
14 reage com aminas e amidas, o que ocasiona a formação de compostos nitrosos,
15 como as nitrosaminas e nitrosamidas, que são, comprovadamente,
16 carcinogênicas. Em crianças, pode provocar a metemoglobinemia, ou doença do
17 “sangue azul”, onde oxida do ferro da hemoglobina ($\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$) transformando-
18 a em metahemoglobina, que impede o transporte de oxigênio para os alvéolos
19 dos pulmões (MANTOVANI; FERREIRA; CRUZ, 2005; KINDLEIN, 2010;
20 PÔRTO et al., 2012; OHSE et al., 2017; COSTA et al., 2018).

21 No Brasil a legislação não menciona valores ideais para o acúmulo de
22 NO_3^- em hortaliças, no entanto, a comunidade europeia já estabeleceu teores
23 máximos permitidos para o acúmulo de NO_3^- nos vegetais. Os teores vão de
24 acordo com cada país, ficando basicamente ente 1.500 mg kg^{-1} a 3.500 mg kg^{-1}
25 de NO_3^- na fitomassa fresca (OHSE et al., 2017). De acordo com o regulamento
26 (CE) n° 1881/2006 da Comissão Europeia, considera-se segura a ingestão diária
27 de $3,65 \text{ mg}$ de $\text{NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ de peso corporal (Comissão das Comunidades
28 Europeias, 2006).

29 Uma alternativa para a diminuição dos teores de NO_3^- nas folhas de
30 alface é a utilização de NH_4^+ na solução nutritiva. Mantovani, Ferreira e Cruz
31 (2005), trabalhando com adubação nitrogenada em alface, cultivados em
32 sistema convencional, observaram aumento linear dos teores de NO_3^- com o
33 aumento das doses de nitrogênio. Já Takahashi et al. (2007) substituindo 10%

1 de N-NH_4^+ na solução nutritiva por todo o ciclo ou por 10 dias no final do ciclo
2 obtiveram reduções no teor de NO_3^- na parte aérea da alface.

3 Ohse et al. (2017), trabalhando com quatro proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$
4 (100:0; 90:10; 80:20: e 70:30%) utilizando a solução nutritiva proposta por
5 Castellane e Araújo (1995) como testemunha e três cultivares de alface (Regina,
6 Mimosa e Verônica), verificaram que não se deve ultrapassar 20% do N total, no
7 qual, quantidades acima de 20% causa reduções no rendimento e qualidade
8 visual da alface e a proporção 90:10 manteve os rendimentos das cultivares e
9 reduzindo o acúmulo de nitrato.

10 Costa et al. (2018), analisando os teores de NO_3^- em três cultivares
11 de alface, observaram que o acúmulo variou entre 585,66 a 686,50 mg kg^{-1} ,
12 teores inferiores aos recomendados pela Comunidade Europeia. Entretanto,
13 quando cultivadas em sistema NFT e sistema hidropônico vertical (SHV) com
14 substrato houve diferenças no teor de NO_3^- , com teores de 257,88 e 825,27
15 respectivamente, demonstrando a influência do sistema de cultivo no teor de
16 NO_3^- acumulado.

18 **2.5 Relação nitrato:amônio em sistemas hidropônicos**

19 O nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante na produção vegetal,
20 participando de diversos constituintes metabólicos, tais como: aminoácidos,
21 proteínas, clorofila, ácidos nucleicos e demais constituintes celulares. Na
22 solução do solo o N é encontrado tanto na forma amoniacal quanto a nítrica
23 (ARAÚJO, 2005). Nas plantas o N é absorvido na forma de NO_3^- e NH_4^+ , contudo,
24 o NO_3^- absorvido é reduzido a NH_4^+ (MUNIZ, 2004). Além da quantidade de N
25 presente nos solos, a proporção $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ influencia no desenvolvimento e
26 crescimento das plantas (BRITTO; KRONZUCKER, 2002).

27 Estudos relacionados à proporção $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ em alface cultivada em
28 solução nutritiva, mostram que quando utilizado até 20% de NH_4^+ na solução
29 nutritiva, as plantas obtiveram resultados semelhantes com relação ao
30 tratamento 100% de NO_3^- . Entretanto, acima desses valores, ocorre a redução
31 na produção da alface (OHSE et al., 2017). Esta redução pode ser explicada pelo
32 fato do NH_4^+ ser tóxico às plantas, provocando o desacoplamento da
33 fotofosforilação, interferindo nas relações hídricas, promovendo também a

1 peroxidação oxidativa (BARRETO, 2015). Já Andriollo et al. (2006), trabalhando
2 com proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ em alface, verificaram que limites entre 9-12% de
3 NH_4^+ promovem melhor desenvolvimento das plantas, relatando que teores
4 acima do especificado gera a queda da produção de massa fresca atribuída ao
5 nutriente.

6 Com relação ao pH da solução nutritiva, a forma de N presente na
7 solução pode influenciar a oscilação do meio. A utilização de apenas NO_3^- como
8 fonte de N pode provocar o aumento do pH na solução, ocorrendo o inverso
9 quando há o balanceamento das formas de N (GUIMARÃES; CAIRO; NEVES,
10 2014). Cruz et al. (2008) observaram que o uso de NH_4^+ como única fonte
11 nitrogenada afeta o crescimento das plantas, associado à menor atividade
12 fotossintética dessas plantas, efeito relacionado à ação negativa desse íon na
13 condutância estomática.

14 Outro fato importante é destacado por Wenceslau (2019) cultivando a
15 alface tipo americana cv. Great Lakes 659 em solução nutritiva avaliando a
16 relação nitrato:amônio, onde o aumento de NH_4^+ na solução nutritiva provocou a
17 redução do rendimento da cultivar e danos na qualidade visual, comprometendo
18 a venda.

19 **2.6 Absorção de nitrato em diferentes horários de colheita**

20 O cultivo protegido aparece como uma alternativa para a produção de
21 hortaliças em sistema hidropônico, tendo em vista a preocupação com a variação
22 de temperatura e luminosidade em determinadas épocas do ano, chuvas
23 intensas, ventos e possíveis geadas (TURAZI et al., 2006).

24 No que corresponde ao acúmulo de NO_3^- em hortaliças folhosas,
25 Cavarianni et al. (2008) destacam que o aumento do fornecimento de N na
26 solução nutritiva provoca o aumento da concentração de NO_3^- , porém há o menor
27 acúmulo do nutriente na colheita realizada às 7h e aumento do teor às 12:00h e
28 17:00h. Este acúmulo dá-se por temperaturas elevadas, onde temperaturas de
29 25 a 35° provocam a diminuição da atividade da enzima redutase do nitrato
30 (CROCOMO, 1979). Segundo Cavarianni et al. (2005) para o cultivo em sistema
31 hidropônico é recomendado o uso das cultivares Folha Larga e Precoce de
32 Trieste, por acumularem menos NO_3^- , independentemente do horário de colheita.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

26 **3. MATERIAL E MÉTODOS**

27 **3.1 Teste de solução nutritiva (Experimento I)**

28 O experimento foi executado em ambiente protegido, coberto com
29 filme difusor de luz 150 micras e com telado lateral e frontal de 50%. Está
30 localizado na Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus de Alta Floresta
31 – MT.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, onde os tratamentos consistiram em solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon (1950); Castellane e Araújo (1995); Pereira Neto (1997) e; solução comercial.

Para a solução nutritiva comercial utilizou-se a dose de 100% do fertilizante mineral Dripsol alface® (N: 8%; P₂O₅: 9%; K₂O: 36%, Mg: 2,5%; S: 4%, B: 0,03%; Cu: 0,004%; Fe: 0,21%; Mn: 0,04%; Mo: 0,004%; Zn: 0,02%), Dripsol + Raiz® (N: 11%; P₂O₅: 40%; K₂O: 11%, Mg: 1,1%; S: 1,9%, B: 0,1%; Cu: 0,05%; Mo: 0,005%; Zn: 0,1%) e Ferro EDTA: 6%.

A concentração das soluções nutritivas de Hoagland e Arnon (1950), Castellane e Araújo (1995) e Pereira Neto (1997) estão apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição da solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

Fertilizantes/Sais da solução estoque	Concentração da solução estoque	Solução nutritiva
	g por L de água	ml L ⁻¹
KH ₂ PO ₄	136,09	1
KNO ₃	101,11	5
Ca(NO ₃) ₂ 5H ₂ O (Mol L ⁻¹)	236,16	5
MgSO ₄ .7H ₂ O(Mol L ⁻¹)	247,47	2
Solução de micros(*)	-	1
Solução de Fe EDTA	0,03	1

* Em 1 L: 2,86 g de H₃BO₃; 1,81 g de MnCl₂.4H₂O; 0,10 g de ZnCl₂; 0,04 g de CuCl₂; 0,02 g H₂MoO₄H₂O.

Tabela 2. Soluções nutritivas proposta por Castellane e Araújo (1995) e Pereira Neto (1997).

Fertilizantes/ Sais da solução	Castellane e Araújo (1955)	Pereira Neto (1997)
	----- g por 1000 L -----	
Ca(NO ₃) ₂ 5H ₂ O (Mol L ⁻¹)	950	1400
KNO ₃	900	260

KH ₂ PO ₄	272	-
KCl	-	250
MgSO ₄ .7H ₂ O(Mol L ⁻¹)	246	500
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	150
Fe EDTA	50	24,9
MnSO ₄	1,70	1,66
Na ₂ [B ₄ O ₅ (OH) ₄].8H ₂ O	2,85	-
H ₃ BO ₃	-	2,86
ZnSO ₄	1,15	0,43
CuSO ₄	0,19	0,08
Na ₂ MoO ₄	0,12	0,12

1

2

A alface (*Lactuca sativa* cv. Rafaela) foi semeada em sementeiras de 200 células contendo substrato comercial, com uma semente por célula. A irrigação foi realizada diariamente com o auxílio de regador manual. Aos 15 dias retirou-se as mudas das bandejas, lavou-se as raízes em água corrente e água destilada para a retirada do substrato. Posteriormente, encaminhadas para vasos com capacidade de 7 L. O sistema hidropônico utilizado foi o floating.

8

Na primeira semana (período de adaptação) a concentração das soluções foi de apenas 50% da concentração usual. Sete dias após a instalação do experimento completou-se para 100% da concentração. Para oxigenação da solução utilizou-se compressores de ar do tipo bombas de aquário Master Super II 2 saídas 110v 150 L hora⁻¹. O pH foi mensurado diariamente com o auxílio de peagômetro portátil (Hanna pHep), mantendo o pH 6,0±0,2, com o uso de HCl a 0,1 M e NaOH a 0,1 M. A água evapotranspirada foi repostada com água deionizada. Houve a renovação aos 15 dias após o transplante das mudas.

16

Ao término do experimento, 35 dias após o transplante, coletou-se as plantas onde foram lavadas com água destilada. Em seguida, obteve-se o peso da matéria fresca total, da parte aérea e de raízes, utilizando balança de precisão. Com o auxílio de fita métrica mediu-se a altura de plantas, medindo-se a altura da folha mais alta. Logo após realizou-se a contagem do número de folhas. Com o auxílio de régua graduada em centímetros, foi medido o tamanho do caule. Para avaliar o volume de raiz, foi utilizado proveta com capacidade

1 para 1 L, preenchida até 0,5 L com água destilada e as raízes foram submersas
2 e verificado o volume atingido na proveta.

3 Em seguida houve o encaminhamento das amostras para estufa de
4 ventilação forçada à 65°C, até a obtenção de massa constante. Logo após este
5 período pesou-se as amostras para a obtenção da matéria seca.

6 A solução que obteve o melhor desempenho na produção da alface
7 foi utilizada no experimento II e III. Os dados foram submetidos ao teste F e as
8 médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do
9 programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2014).

10

11 3.2 Horário de colheita (Experimento II)

12 O experimento foi desenvolvido na Universidade do Estado de Mato
13 Grosso, Câmpus I de Alta Floresta – MT.

14 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso,
15 com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram nos
16 horários de colheita às 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00h.

17 Semeou-se a alface (*Lactuca sativa* cv. Rafaela) em sementeira de
18 200 células contendo substrato comercial, com uma semente por célula e
19 irrigadas diariamente. Aos 15 dias retirou-se as mudas das bandejas, lavou-se
20 as raízes em água corrente e água destilada para a retirada do substrato.
21 Posteriormente, encaminhadas para vasos com capacidade de 7 L contendo a
22 solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon (1950) (solução que apresentou
23 melhores resultados no experimento I) com adaptação, sendo a relação NO₃-
24 :NH₄⁺ proposta por Wenceslau (2019). O sistema hidropônico utilizado foi o
25 floating.

26

27 **Tabela 3.** Relação amônio:nitrato e concentrações dos nutrientes na solução
28 nutritiva, Wenceslau (2019).

NO ₃ /NH ₄ ⁺ (%)	Fertilizantes (mol L ⁻¹)	Solução Estoque (g L ⁻¹)	Volume Solução (ml L ⁻¹)	Balanceamento (ml L ⁻¹)	
75/25	CaNO ₃	236,16	2,5	CaCl ₂	2,5
	KNO ₃	101,11	5,0		
	NH ₄ Cl ₂	53,49	2,5		
	KH ₂ PO ₄	136,09	1,0		

	MgSO ₄	247,57	2,0
1	Micronutrientes utilizados (g L ⁻¹): H ₃ BO ₃ = 2,86; MnCl ₂ .4H ₂ O = 1,81; ZnCl ₂ = 0,10; CuCl ₂ = 0,04;		
2	H ₂ MoO ₄ H ₂ O = 0,02 (HOAGLAND & ARNON, 1950) e Fe-quelato = 0,016.		

Houve diariamente a mensuração do pH da solução nutritiva utilizando-se peagâmetro portátil, mantendo-o à pH 6,0±0,2, com o uso de HCl a 0,1 M e NaOH a 0,1 M. A água evapotranspirada foi repostada com água deionizada, havendo a renovação da solução nutritiva aos 15 dias após o transplante das mudas.

Após a colheita foi determinado a massa fresca total, parte aérea e raízes com o uso de balança de precisão. Logo após medida a altura de plantas, com o auxílio de fita métrica, no qual foi medido a altura da folha mais alta. Adiante, realizou-se a contagem do número de folhas. Com o auxílio de régua graduada em centímetros, foi medido o tamanho do caule. Para o volume de raiz, se utilizou-se proveta com capacidade para 1 L, preenchida com água destilada até 0,5 L e as raízes serão submersas e verificado o volume atingido. E imediatamente encaminhadas para estufa de ventilação forçada a 65°C até obtenção da massa constante. Após isto as amostras foram pesadas em balança de precisão e obteve-se a matéria seca de folhas e raízes.

As amostras após a secagem e pesagem foram moídas em moinho do tipo willey e encaminhadas para o laboratório para realizar as análises de nitrato na matéria seca, utilizando a metodologia de Cataldo et al. (1975) e nitrogênio total, utilizando a metodologia da Embrapa (2009).

4.2.1 Análise de nitrato na massa seca

O teor de nitrato na matéria seca foi determinado utilizando a metodologia descrita por Cataldo et al. (1975). Onde os resultados foram posteriormente convertidos para a matéria fresca.

Para a extração do NO₃⁻ pesou-se 0,2 g da amostra moída dentro de Becker de 100 mL. Logo após adicionou-se 50 mL de água deionizada, agitou-se oito vezes dentro de duas horas e, após este período, esperou-se alguns minutos para o material vegetal decantar.

1 Para a realização da curva de calibração utilizou-se a amostra padrão
2 de N, no qual pesou-se 36,11 g de KNO₃ dissolvido em 1000 mL para a solução
3 estoque contendo 5 g de N em 1 L. A partir da solução estoque preparou-se as
4 soluções descritas na tabela 4:

5
6 **Tabela 4.** Soluções padrão de N para determinação de nitrato na matéria seca.

Estoque ml	Concentração Padrão μg N 0,1ml	N-NO ₃ ⁻ ppm
0,5	2,5	25
1	5	50
2	10	100
3	15	150
4	20	200

7
8 Após este período realizou-se a curva de calibração e determinação
9 das amostras. Para isto, alíquotas de 0,1 mL de amostra e padrão foram
10 adicionadas em Becker de 50 mL. Posteriormente adicionou-se vagarosamente
11 0,4 de solução de ácido salicílico 5% (200 mL de H₂SO₄ e 10 g de Ácido
12 salicílico), deixando-as descansar por 20 minutos em temperatura ambiente.
13 Após este intervalo foram acrescentadas lentamente 9,5ml de NaOH 2M (80 g
14 de NaOH em 1000 mL), esperou-se esfriar e encaminhadas para leitura em
15 espectrofotômetro a 410nm.

16 17 **4.2.2 Nitrogênio total na massa seca**

18 Para a digestão das amostras foram pesadas 0,1 g de tecido foliar
19 seco moído e acondicionadas em tubo de ensaio. Posteriormente colocou-se 1
20 g da mistura de sais (K₂SO₄ + CuSO₄ na proporção de 10:1), 3ml de ácido
21 sulfúrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio. Aqueceu-os à 350°C até a digestão
22 completa.

23 Com os tubos em temperatura ambiente foi realizada a diluição com
24 30 mL de água deionizada. Para a destilação foram utilizadas 15 mL de ácido
25 bórico 2% + indicadores e 25 mL de NaOH 40%, após a mudança da cor vinho
26 para verde deixou-se o volume de 40 mL. Por fim, as amostras foram tituladas
27 com HCl a 0,01M até o ponto de viragem.

1 Os dados serão submetidos ao teste F e as médias comparadas pelo
2 teste Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico Sisvar®
3 (FERREIRA, 2014).

5 **3.3 Desempenho de cultivares em sistema NFT comercial** 6 **(Experimento III)**

7 O experimento foi conduzido em sistema hidropônico comercial
8 (Sistema NFT) localizado na estrada MT 325 a 3 km do perímetro urbano. A
9 solução nutritiva utilizada foi de Hoagland e Arnon (1950) com adaptação, sendo
10 a relação nitrato/amônio de 75:25, conforme proposta por Wenceslau (2019).

11 As mudas foram produzidas fazendo uso de espuma fenólica, com
12 uma semente por célula, no qual os tratamentos foram quatro variedades de
13 alface (*Lactuca sativa*) foram semeadas: alface crespa (cv. Brida e cv. Grand
14 Rapids), americana (cv. Rafaela e cv. Mauren), mimosa verde (cv. Nataly) e
15 repolhuda-manteiga (cv. Brasil 303) e quatro repetições. As mudas foram
16 irrigadas diariamente com água corrente e após a germinação, receberam
17 solução nutritiva por aproximadamente 15 dias.

18 Ao se passar o tempo pré-determinado das mudas, encaminhou-as
19 para o sistema hidropônico, contendo a solução nutritiva a ser testada, com a
20 relação $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ pré-estabelecida. O ambiente protegido utilizado é do tipo
21 'arco', com cobertura de filme Suncover Blue de difusão de 67% de 150 μm e
22 telado lateral vermelho de 50%. A bancada consistia em tubo PVC cortado ao
23 meio, com comprimento de 4 m e o perfil coberto por lâmina PVC (fôrro PVC) no
24 qual foram feitos os orifícios (local de sustentação das plantas). O reservatório
25 consistiu num tambor de 200 L, onde era bombeada por uma moto-bomba. A
26 moto-bomba era acionada com o auxílio de um temporizador acoplado,
27 permitindo o funcionamento em ciclo de 15 minutos ligada e 15 minutos
28 desligada. A solução nutritiva era oxigenada conforme o acionamento da moto-
29 bomba, no qual a solução retornava, por meio da gravidade, ao reservatório.

30 A mensuração do pH da solução nutritiva foi realizada diariamente,
31 fazendo-se o uso de peagâmetro portátil, calibrando à pH $6,0 \pm 2$ com o auxílio de
32 HCl a 0,1M e NaOH a 0,1M.

1 Chegando-se aos 22 dias após o transplante as plantas foram
2 coletadas e enviadas imediatamente para laboratório.

3 Em laboratório, as amostras foram pesadas, para a obtenção da
4 matéria fresca de parte aérea e raízes. Com o auxílio de fita métrica mediu-se a
5 altura, sendo da base até a folha mais alta. Para o volume de raiz, fez-se o uso
6 de proveta com capacidade de 1 L, preenchida com 0,5 L de água destilada,
7 colocando as raízes e mensurado o seu volume. Logo após contadas o número
8 de folhas, e com o auxílio de régua graduada, mensurado o comprimento do
9 caule.

10 Encaminhou-se as amostras para estufa de ventilação forçada a 65°C
11 até a obtenção de massa constante. Em seguida, pesadas para a obtenção de
12 matéria seca e moídas em moinho tipo Willey. A determinação do nitrato será
13 realizada conforme a metodologia descrita por Cataldo et al. (1975) e nitrogênio
14 total seguindo a metodologia da Embrapa (2009).

15 Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F e as médias
16 comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa
17 estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2014).

24 **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

25 **4.1 Soluções nutritivas (Experimento I)**

26 A solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon (1950) (figura 1)
27 apresentou diferença significativa no comprimento de raiz e para o volume de
28 raiz (Tabela 5). De acordo com a análise de variância, não foi observada
29 diferença significativa entre as soluções nutritivas utilizadas para as variáveis
30 número de folhas, altura e comprimento de caule.

1 A semelhança entre as variáveis número de folhas, altura de planta,
2 comprimento de caule provavelmente ocorreu devido às características
3 genéticas da planta. Resultados inferiores aos relatados por Oshe et al. (2017),
4 utilizando a solução nutritiva proposta por Castellane e Araújo (1995) no qual o
5 número de folhas apresentou média de 27,92 para a cultivar Regina, totalizando
6 47 dias da semeadura à colheita. Já Wensceslau (2019), utilizando a solução
7 nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) atingiu a média de 13 folhas por planta,
8 assemelhando-se ao presente trabalho.

9 Ressalta-se que, o número de folhas juntamente com a altura de
10 plantas está intimamente ligado à produtividade da alface, sendo também, maior
11 atrativo para o mercado consumidor. Todavia, o comprimento do caule ficou
12 acima do ideal para comércio, chegando à 22,72 cm quando utilizado solução
13 nutritiva comercial. Mota et al. (2003) e Yuri et al. (2006) sugerem que o tamanho
14 do caule da alface não ultrapasse 9 cm, para que não provoque prejuízos no
15 produto comercial.



Figura 2. Desempenho da alface americana cv. Rafaela nas soluções: A - Hoagland e Arnon (1950); B - Castellane e Araújo (1995); C - Pereira Neto (1997), D - solução nutritiva comercial. Alta Floresta – MT, 2019.

Tabela 5. Valores médios para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), comprimento de raiz (CR) e volume de raiz (VR) em alface americana cv. Rafaela cultivada em sistema hidropônico nas soluções nutritivas de Hoagland e Arnon (1950), Castellane e Araújo (1995), Pereira Neto (1997) e solução comercial. UNEMAT- Alta Floresta (MT), 2019.

Solução nutritiva	NF	AP	CC	CR	VR
		-----cm-----			
Hoagland e Arnon (1950)	15,00	29,83	21,30	45,96a	3,20a
Castellane e Araújo (1995)	16,00	28,53	19,06	27,96b	1,80ab
Pereira Neto (1997)	14,00	30,82	22,31	20,17b	1,40b
Solução Comercial	14,00	29,32	22,72	20,25b	1,40b
DMS	3,95	9,44	6,30	6,89	1,56
Valor de F	0,23ns	0,90ns	0,35ns	0,00**	0,01*
CV (%)	14,22	16,97	15,73	12,84	42,65

Obs.: *, ** e ns: significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey (P < 0,05).

Houve diferença significativa entre as soluções nutritivas para a massa fresca de parte aérea, massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea e massa seca de raiz (Tabela 6). A solução de Hoagland e Arnon (1950) apresentou produção de massa fresca da parte aérea superior quando comparadas com as soluções nutritivas propostas por Pereira Neto (1997) e solução nutritiva comercial. Utilizando a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), Benini, Takahashi e Neves (2005) obteve produção de massa fresca da parte aérea de alface superior ao obtido neste experimento, em média de 279,42 g para massa fresca da parte aérea e 12,96 g para massa seca da parte aérea. Entretanto, o tempo de cultivo no sistema hidropônico dos respectivos autores foi de 42 dias, sete dias a mais do que no presente trabalho.

Vale ressaltar que a diminuição em dias no ponto de colheita é interessante ao produtor hidropônico. Haja em vista que, ocorre a liberação dos perfis hidropônicos para o próximo cultivo, proporcionando também a modificação no escalonamento do cultivo. Outro ponto importante é a massa fresca da parte aérea, que gera o interesse do consumidor também pelo peso da hortaliça.

Tabela 6. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de alface americana cv. Rafaela cultivada em sistema hidropônico nas soluções nutritivas de Hoagland e Arnon (1950), Castellane e Araújo (1995), Pereira Neto (1997) e Solução Comercial. UNEMAT – Alta Floresta (MT), 2019.

Solução nutritiva	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	----- g -----			
Hoagland e Arnon (1950)	229,99a	24,62a	20,75a	1,44a
Castellane e Araújo (1995)	163,53ab	15,09ab	16,67ab	1,00ab
Pereira Neto (1997)	87,00b	9,53b	14,75b	0,79ab
Solução Comercial	100,18b	9,53b	15,06ab	0,65b
DMS	78,19	11,11	4,40	0,77
Valor de F	0,00**	0,00**	0,00**	0,05*
CV (%)	28,67	40,26	13,95	42,57

Obs.: *, ** e ns: significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

4.2 Horário de colheita (Experimento II)

4.2.3 Análises morfológicas

As variáveis analisadas não apresentaram diferenças significativas (Tabelas 7 e 8), (figura 3). A similaridade entre os valores deve-se ao uso da mesma cultivar, onde apenas a diferença nos horários de colheita não afeta o desenvolvimento morfológico.

Carvalho (2013), estudando doses de adubação nitrogenada juntamente com tensões de água no solo, a cv. Rafaela apresentou altura máxima de 19,01 cm com adubação nitrogenada e 133,72 g no acúmulo de massa fresca. Lima (2018), avaliando a qualidade e produtividade de cultivares de alface, verificou valores superiores para variável número de folhas para a cv. Rafaela, com média de 36,31. Ressaltando que o experimento em questão foi realizado em solo.



Figura 3. Alface americana cv. Rafaela na proporção de nitrato:amônio (75:25) colhidas às 6:00 (A), 9:00 (B), 12:00 (C), 15:00 (D) e 18:00 (E) horas. Alta Floresta – MT, 2019.

Tabela 7. Número de folhas (NF), altura de planta (AP), comprimento de caule (CC), comprimento de raiz (CR) e volume de raiz (VR) em alface americana cv. Rafaela cultivada na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) na relação de nitrato/amônio de 75:25 em função do horário de colheita. UNEMAT – Alta Floresta (MT), 2019.

Horário de colheita	NF	AP	CC	CR	VR
		-----cm-----			cm ³
6:00	13,50	22,20	12,01	27,77	1,17
9:00	14,62	23,00	12,53	33,97	1,47
12:00	14,50	23,66	10,65	29,17	1,07
15:00	12,75	23,21	10,25	28,86	1,27
18:00	14,75	23,58	12,03	31,21	1,30
DMS	4,84	6,39	3,91	12,36	0,58
Valor de F	0,63 ns	0,94 ns	0,17ns	0,54 ns	0,31ns
CV (%)	15,33	12,26	15,07	18,16	20,67

Obs.: *, ** e ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (P < 0,05).

Tabela 8. Valores médios da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em alface americana cv. Rafaela cultivada na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) na relação de nitrato/amônio de 75:25 em função do horário de colheita. UNEMAT – Alta Floresta (MT), 2019.

Horário	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	-----g-----			
6:00	94,33	9,12	6,54	0,41
9:00	90,75	6,39	7,48	0,45
12:00	86,05	5,63	7,04	0,49
15:00	71,62	4,97	5,74	0,45
18:00	81,83	5,89	5,81	0,44

DMS	46,74	4,61	3,25	0,22
Valor de F	0,59 ns	0,10 ns	0,39 ns	0,87 ns
CV (%)	24,41	31,99	22,13	21,70

Obs.: *, ** e ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

4.2.4 Teor de nitrato e nitrogênio total em função do horário de colheita

O maior teor de nitrato encontrado (302,34 mg kg⁻¹ MF) foi na colheita realizada às 12:00 horas (Tabela 9). A colheita realizada às 6:00 horas apresentou o menor teor de nitrato, provavelmente pela baixa taxa de transpiração das plantas neste horário, devido a temperatura mais baixa com relação aos demais horários. O nitrogênio total não apresentou diferenças médias.

Os teores encontrados estão abaixo do limite estabelecido pelos órgãos reguladores da União Europeia, onde, segundo o regulamento 1881/2006 e 1258/2011, os limites máximos tolerados é de 4.000 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na massa fresca para cultivos de verão e 5.000 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ para cultivos de inverno. Salienta-se que regiões amazônicas apresentam temperaturas mais elevadas, facilmente ultrapassando os 34°. Por apresentar esta característica, é também mais propensa a ocorrer alto acúmulo de nitrato no tecido foliar de hortaliças, o que não ocorreu no presente estudo, possivelmente pela solução nutritiva utilizada com 25% de amônio, indicando a qualidade da alface comercializada e consumida na região.

Para alface cultivada em sistema hidropônico vertical com substrato e NFT, Costa et al. (2018) encontraram teores de nitrato de 686,50 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF. Guadagnin, Rath e Reyes (2005) comparando sistemas de cultivo encontraram maiores valores do teor de nitrato em folhas de alface com 2.983 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, para a rúcula estes valores foram mais expressivos, 8.243 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, valores superiores aos estabelecidos pela União Europeia.

Para a variável N-total não houve diferença significativa entre os horários de colheita, no qual a alface obteve máxima de teor 32,71 g kg⁻¹. Para a colheita realizada às 15:00h o teor foi de 29,86 g kg⁻¹ de N-Total, ficando pouco

1 abaixo do recomendado na literatura, que está entre 30 a 50 g kg⁻¹ (TRANI; RAIJ,
2 1997; RESENDE et al., 2009).

3

4 **Tabela 9.** Teor de nitrato na massa fresca e nitrogênio total na massa seca de
5 alface cv. Rafaela em função do horário de colheita. UNEMAT - Alta
6 Floresta (MT), 2019.

Horário de colheita	N-NO₃⁻ MF	N-Total MS
	----mg kg ⁻¹ ----	-----g kg ⁻¹ -----
6:00	204,98b	31,1
9:00	251,36ab	32,4
12:00	302,34a	32,71
15:00	249,63ab	29,9
18:00	294,66ab	31,0
DMS	93,88	4,13
Valor de F	0,03*	0,24ns
CV (%)	15,98	5,85

7 Obs.: *, ** e ns: significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente pelo teste F. Médias
8 seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

9

10 **4.3 Desempenho de cultivares em sistema NFT comercial (Experimento** 11 **III)**

12 **4.2.5 Análises morfológicas**

13 Dentre as cultivares avaliadas, a cv. Brasil 303 apresentou
14 desempenho superior às demais cultivares analisadas no presente trabalho,
15 onde houve efeito significativo no número de folhas, altura de planta,
16 comprimento de caule, comprimento de raiz e volume de raiz (Tabela 10).
17 Resultados semelhantes relatados por Sedyama et al. (2009), avaliando o
18 desempenho de cultivares de alface. Embora o número de folhas seja uma
19 característica positiva da Brasil 303 deve-se atentar para a elevação de
20 temperatura, que pode estimular o florescimento precoce (NAGAI, 1980).

21 Em relação ao número de folhas as cultivares Brida, Grand Rapids e
22 Mauren apresentaram as menores médias, ficando com 13 folhas por planta.
23 Entretanto, as cultivares avaliadas no presente estudo apresentaram ótimo
24 desenvolvimento e tamanho ideal para mercado. O número de folhas na

1 produção de alface é uma característica importante, onde associa a temperatura
2 com o fotoperíodo (OLIVEIRA et al., 2004).

3 Quanto à altura de plantas e comprimento de caule são variáveis onde
4 demonstram a tolerância das cultivares ao calor e resistência ao pendoamento.
5 A cultivar Brasil 303 apresentou maior comprimento de caule com 16,92 cm,
6 seguido da cultivar Grand Rapids com 12,08 cm. No que se refere aos padrões
7 de mercado a cultivar está fora do padrão aceitável devido ao caule alongado.
8 Yuri et al. (2006) propõem que para a alface o tamanho do caule fique entre 6 a
9 9 cm.

10 As cultivares Brida, Mauren, Nataly e Rafaela apresentaram
11 comprimento de caule com aspecto ideal para mercado, ficando entre os valores
12 estabelecidos por Yuri et al. (2006).

13 No comprimento de raiz as cultivares Brasil 303, Brida e Grand Rapids
14 apresentaram as maiores médias com relação às demais cultivares estudadas.
15 Já para o volume de raiz a cultivar Nataly apresentou o menor volume, com 2
16 cm³. Os resultados apresentados neste trabalho para o volume de raiz se
17 assemelham aos obtidos por Silva et al. (2005) que estudaram o crescimento e
18 composição mineral da alface no sistema hidropônico por capilaridade.

19 **Tabela 10.** Número de folhas (NF), altura de plantas (AP), comprimento de raiz
20 (CR) e volume de raiz (VR) de alface cultivada em sistema NFT tipo
21 comercial utilizando as cultivares Brasil 303, Brida, Grand Rapids,
22 Mauren, Nataly e Rafaela no município de Alta Floresta (MT), 2019.

Cultivares	NF	AP	CC	CR	VR
		----- cm -----			cm ³
Brasil 303	29,00a	26,80a	16,92a	18,10a	4,00a
Brida	13,12c	17,52c	5,15c	18,43a	2,87ab
Grand Rapids	13,37c	25,55ab	12,08b	18,10a	3,25a
Mauren	12,87c	21,58b	7,76c	16,25ab	3,00ab
Nataly	21,00b	18,53c	7,73c	15,77ab	2,00b
Rafaela	16,75bc	18,91c	6,93c	13,87b	3,12ab
DMS	4,56	4,6	4,05	3,31	1,17
Valor de F	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
CV (%)	11,24	9,33	18,71	8,61	16,80

23 Obs.: ** corresponde a significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas diferem
24 entre si pelo teste Tukey (P < 0,05).

25

26 Para as variáveis massa fresca da parte aérea, massa fresca de raiz,
27 massa seca da parte aérea e massa seca de raiz a cv. Brasil 303 apresentou

desempenho superior às demais (Figura 11). Considerando a produção de MFPA, os resultados desse estudo demonstram notável desenvolvimento das cultivares avaliadas na proporção 75:25 de NO_3^- e NH_4^+ da solução de Hoagland e Arnon (1950). Este incremento deve-se a concentração de nitrato e amônio adequada para a produção da alface, onde ocorre o menor gasto de energia na conversão do nitrato para o amônio. Barreto et al. (2018) verificou sintomas de toxicidade em tomateiro utilizando a proporção de 0:100 e 25:75 de nitrato e amônio.

Quantidades elevadas de NH_4^+ na solução nutritiva demanda grandes volumes de esqueletos de carbono para a sua rápida assimilação. O desbalanço entre NO_3^- e NH_4^+ pode ocasionar os sintomas de toxidez nas plantas, pois, para alface, a absorção de NH_4^+ é preferível com relação ao NO_3^- , no qual não ocorre gasto de energia (COMETTI, 2003).

Outro fator é a quantidade e tipos de sais dissolvidos na solução nutritiva, onde afeta diretamente no potencial osmótico, visto que, quanto maior a quantidade de sais, pode ocasionar a restrição à absorção de água pelas raízes (COMETTI et al., 2006). Uma vez que os sais que compõem a solução nutritiva com NO_3^- e NH_4^+ podem acarretar a maior absorção de água, portanto, garantindo o maior acúmulo de massa fresca nestas plantas.

Tabela 11. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de alface cultivada em sistema NFT tipo comercial utilizando as cultivares Brasil 303, Brida, Grand Rapids, Mauren, Nataly e Rafaela no município de Alta Floresta (MT), 2019.

Cultivares	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Brasil 303	134,76a	38,80a	14,52a	3,84a
Brida	61,24c	25,24b	6,60bc	2,40b
Grand Rapids	71,43bc	25,14b	8,19b	2,17b
Mauren	72,16bc	23,47b	7,42bc	2,08b
Nataly	56,67c	19,64b	5,01c	1,30b
Rafaela	100,61b	28,07b	9,25b	2,17b
DMS	30,62	9,99	3,08	0,97
Valor de F	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
CV (%)	16,09	16,27	15,79	18,53

Obs.: ** corresponde a significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

4.2.6 Teor de nitrato e nitrogênio total em cultivares de alface

Os maiores teores de nitrato na massa fresca da alface foram obtidas na cv. Nataly (292,97 mg kg⁻¹ MF) e menor teor para a cv. Brida (128,47 mg kg⁻¹ MF), entretanto, o teor de nitrato está abaixo dos teores recomendados pela União Europeia (Tabela 12).

Além dos limites estabelecidos pela União Europeia, o Comitê Conjunto de Especialistas em Alimentos da FAO/OMS (JECFA) (EFSA, 2008) estabelece a ingestão diária de 3,7 mg NO₃⁻ kg⁻¹ de peso corporal ao dia. A título de exemplo, para um adulto de 65 kg, a ingestão diária dentro dos limites tolerados será de 240,50 mg de NO₃⁻, portanto para a cultivar Nataly, seria necessário consumir 1,58 kg de folhas de alface ao dia para atingir o valor de 292,97 mg de nitrato. Portanto, nas condições da região do presente estudo (amazônica), o consumo da alface não oferece riscos à saúde do consumidor, logo, os resultados obtidos evidenciam a qualidade da alface nessas regiões. Segundo Cometti (2003) a alface deveria conter mais do que 5.000 mg de N-NO₃⁻ por kg de massa fresca para ultrapassar este limite. Considerando também às condições de elevada disponibilidade de luz e temperatura, seria improvável encontrar estes valores nas condições de clima tropical.

Não houve diferenças médias no teor de N-total para as cultivares analisadas, entretanto, os teores ficaram entre 30 a 50 g kg⁻¹, que é a faixa recomendada na literatura (TRANI; RAIJ, 1997; RESENDE et al., 2009).

Wensceslau (2019), trabalhando com relação nitrato/amônio na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) obteve valor máximo de 49,3 g kg⁻¹ na solução nutritiva com concentração de até 37% de amônio.

Os teores de N-total obtidos encontram-se dentro da faixa adequada (30 a 50 g kg⁻¹) proposta por Resende et al. (2009).

Tabela 12. Teor de nitrato na massa fresca e nitrogênio total na massa seca em alface cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT comercial utilizando as cultivares Brasil 303, Brida, Grand Rapids, Maures, Nataly e Rafaela. Alta Floresta (MT), 2019.

Cultivar	N-NO ₃ ⁻ MF	N-Total MS
	----mg kg ⁻¹ ----	----- g kg ⁻¹ -----
Brasil 303	285,34ab	41,82

Brida	128,47d	38,81
Grand Rapids	200,80c	39,02
Mauren	212,82c	40,09
Nataly	292,97a	39,28
Rafaela	228,66bc	37,64
DMS	60,97	5,18
Valor de F	0,00**	0,23ns
CV%	11,80	5,72

1 Obs.: ** corresponde a significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas
2 diferem entre si pelo teste Tukey (P < 0,05).

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12 **4. CONCLUSÕES**

13 A solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) proporciona o
14 desenvolvimento da alface a nível comercial, apresentando número de folhas e
15 tamanho conforme o exigido pelo mercado consumidor.

16 A colheita realizada às 6:00 horas proporciona o menor acúmulo de
17 nitrato na massa fresca da alface e a colheita realizada às 12:00 horas ocorre o
18 maior acúmulo de nitrato.

19 A proporção 75:25 de nitrato e amônio em sistema NFT comercial
20 proporcionou a redução de 13 dias da alface nos perfis hidropônicos.

21 Os teores de nitrato nas cultivares de alface crespa, americana e
22 mimosa estão abaixo dos níveis recomendados pela comunidade europeia, não

1 sendo, portanto, um problema alimentar para os consumidores de alface. Apesar
2 da região amazônica apresentar temperaturas elevadas, o acúmulo de nitrato
3 em cultivares de alface não apresenta risco para a saúde humana.

18 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

19 ANDRADE NETTO, J. F. **Atividade das enzimas redutase do nitrato e**
20 **glutamina sintetase em cafeeiro arábica**. 2005. 60 p. Dissertação (Mestrado
21 em Agronomia) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz
22 de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

23
24 ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. S.; COGO, C. M.; BORTOLOTTI, O. C.; LUZ, G.
25 L.; MADALUZ, J. C. Growth and development of lettuce plants at high $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$
26 ratios in the nutrient solution. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 352-
27 355, 2006.

28
29 BARRETO, C. F. **Silício e amônio na nutrição e no crescimento de brássicas**.
30 2015. v, 29 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de
31 Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, 2015.

- 1 BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B. Teor
2 de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional.
3 **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2002.
- 4 BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Concentração e
5 acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e
6 convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 273-282,
7 2005.
- 8
9 BLAT, F. S.; SANCHEZ, V. S.; ARAÚJO, C. A. J.; BOLONHEZI, D. Desempenho
10 de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema
11 hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 135- 138, 2011.
- 12
13 BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical
14 review. **Journal of Plant Physiology**, Ontario, v. 159, n. 6, p. 567-584, 2002.
- 15
16 CASSIMIRO, C. A. L.; OLIVEIRA, F. S.; SILVA, E. A.; FEITOSA, S. S.;
17 SIQUEIRARES, E. C.; SILVA, M. G. Lâminas de água múltiplas via sistema de
18 irrigação subsuperficial no cultivo de alface do grupo crespa. **Revista Brasileira
19 de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 13, n.1, p.08 - 12, 2019.
- 20
21 CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo**: hidroponia. 4. ed.
22 Jaboticabal: Funep, 1995.
- 23
24 CAVARIANNI, R. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; COELHO, R. L.; CAZETTA, J. O.
25 Teor de nitrato em cultivares de almeirão, cultivados em hidroponia, em função
26 do horário de colheita. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.50-56, 2005.
- 27
28 CAVARIANNI, R. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.;
29 MAROTTI, M. C. Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horários de
30 colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p.
31 44-49, 2008.
- 32
33 COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura
34 hidropônica – sistema NFT**. 2003. 106p. Tese (Doutorado em Agronomia)
35 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2003.
- 36
37 COMETTI, N. N; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E; MARY, W; FERNANDES, M. S.
38 Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica,
39 hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 748-
40 753, 2004.
- 41
42 Comissão das Comunidades Europeias. 2006. Regulamento (CE) n°1881/2006
43 de 19 de dezembro de 2006. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, 2006.
- 44
45 COSTA, K. P.; SILVA, J. C. R. L.; FERNANDES, T. O. M.; FONSECA, F. S. A.;
46 MAIA, J. T. L. S.; MARTINS, E. R. Teor de nitrato em alface produzida em
47 sistema hidropônico vertical com substrato e NFT. **Caderno de Ciências
48 Agrárias**, Montes Claros, v. 10, n. 1, p. 24-28, 2018.
- 49

- 1 CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Influência do nitrato e do amônio
2 sobre a fotossíntese e a concentração de compostos nitrogenados em mandioca.
3 **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 643-649, 2008.
4
- 5 CROCOMO O. J. Assimilação do nitrogênio pelas plantas. In: FERRI, M.G.
6 **Fisiologia vegetal**, São Paulo: E.P.U., v.1, p. 181-209, 1979.
7
- 8 DUTRA, C. B.; RATH, S.; REYES, F. G. R. Nitrosaminas voláteis em alimentos.
9 **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 1, p. 111-120, 2007.
10
- 11 ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e
12 distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura**
13 **Brasileira**, Brasília, v, 27, n.2, p. 176-182, 2009.
14
- 15 FAQUIM V; FURLANI PR. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em
16 ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200, p. 99-
17 104, 1999.
18
- 19 FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M.
20 C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de
21 alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura**
22 **Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.
23
- 24 FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna**
25 **na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade de
26 Viçosa, 2000. 402 p.
27
- 28 FRANCO, C. F.; PRADO, R. M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento
29 e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta**
30 **Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2006.
31
- 32 FURLANI, P.R. et al. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52 p.
33 (Boletim Técnico, 180).
34
- 35 GUADAGNIN, S. G.; RATH, S.; REYES, F. G. R. R. Evaluation of the nitrate
36 content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. **Food**
37 **Additives and Contaminants**, v. 22, n. 12, p. 1203–1208, 2005.
38
- 39 GRIMARÃES, M. M. C.; CAIRO, P. A. R.; NEVES, O. S. C. Crescimento de
40 *Eucalyptus urophylla* em meio hidropônico com diferentes proporções de nitrato
41 e amônio. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 52-61, 2014.
42
- 43 HEWITT, E.J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition.
44 Farham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966.
45
- 46 HUETT, D. O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce
47 in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. **Australian**
48 **Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 45, n. 1, p. 251-267, 1994.
49

- 1 JUCHEN, C. R.; SUSZEK, F. L.; BOAS, M. A. V. Irrigação por gotejamento para
2 produção de alface fertirrigada com águas residuárias agroindustriais. **Irriga**
3 **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Botucatu, v. 18, n.1, p. 243-256,
4 2013.
- 5
6 KINDLEIN, C. P. **Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de**
7 **abastecimento do município de Nova Santa Rita**. 2010. 68 p. Monografia
8 (Graduação em Química) Unisalle Centro Universitário La Salle, Canoas, 2010.
- 9
10 KHOURI, C. R. **Atividade da redutase do nitrato, teores de nitrogênio e de**
11 **carboidratos em cafeeiro influenciados pelo sombreamento e estádio**
12 **fenológico**. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade
13 Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- 14
15 LIMA, M. S. S.; BORGES, L. S.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUSA, V.
16 Q.; BIRANI, S. M.; PEDROSO, A. J. S.; GOMES, R. F. Qualidade e produtividade
17 econômica de cultivares de alface conduzidas nas condições edafoclimáticas do
18 sudoeste paraense. **Revista Agroecossistemas**, Santarém, v. 10, n. 1, p. 227-
19 240, 2018.
- 20
21 LOPES, C. A.; SILVA, J. B. C; GUEDES, I. M. R. Doenças da alface. Brasília:
22 **Embrapa Hortaliças**, 2010. 68 p.
- 23
24 LUZ, J. M. Q.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖRFER, G. H. Produção
25 hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura**
26 **Brasileira**, Brasília, n. 3, v. 24, p. 295-300. 2006.
- 27
28 MARTINS, C. M.; MEDEIROS, J. F.; LOPES, W. A. R.; BRAGA, D. F.; AMORIM,
29 L. B. Curva de absorção de nutrientes em alface hidropônica. **Revista Caatinga**,
30 Mossoró, v. 22, n. 4, p. 123-128, 2009.
- 31
32 MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press.
33 889p, 1995.
- 34
35 MOTA, J. H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; OLIVEIRA, C. M.; SOUZA, R. J.;
36 FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Produção de alface americana
37 em função da aplicação de doses e fontes de fósforo. **Horticultura Brasileira**,
38 Brasília, v. 21, n. 4, p. 620-622, 2003.
- 39
40 MUNIZ, M. A. **Crescimento e desenvolvimento de crisântemo em resposta**
41 **a relações nitrato/amônio**. 2004. 76f. Dissertação (Mestrado) – Universidade
42 Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2004.
- 43
44 NAGAI, H. Obtenção de novos cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes
45 ao mosaico e ao calor. II – Brasil 303 e 311. **Revista de Olericultura**, Campinas,
v.18, p.14-21. 1980.
- 46
47 OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C.;
48 GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface
49 cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.
26, n. 2, p. 211-217, 2004.

- 1
2 OSHE, S.; DOURADO-NETO, D.; MAFRON, P. A.; OTTO, R. F.; GODOY, A. R.
3 Rendimento e acúmulo de nitrato em alface hidropônica sob proporções de
4 nitrato e amônio. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**,
5 Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 52-64, 2017.
- 6 PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo
7 hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas
8 salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 110-117, 2012.
- 9 PÔRTO, M. L. A.; ALVES, J. C.; SOUZA, A. P.; ARAÚJO, R. C.; ARRUDA, J. A.;
10 TOMPSON JÚNIOR, U. A. Doses de nitrogênio no acúmulo de nitrato e na
11 produção da alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3,
12 p. 539-543, 2012.
- 13
14 RESENDE, G. M.; ALVARENGA, A. R.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; MOTA, J. H.;
15 CARVALHO, J. G.; RODRIGUES JUNIOR, J. C. Rendimento e teores de
16 macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e
17 molibdênio em cultivo de verão. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1,
18 p. 153-163, 2009.
- 19
20 SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.
21 1, n. 3, p. 231-233, 1975.
- 22
23 SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SALGADO, L. T.; PEREIRA, P. C.
24 Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no
25 inverno. **Científica**, Jaboticabal, v.37, n.2, p. 98 - 106, 2009.
- 26
27 SILVA, J. O.; SOUZA, P. A.; GOMES JÚNIOR, J.; PEREIRA, P. R. G.; ROCHA,
28 F. A. Crescimento e composição mineral da alface no sistema hidropônico por
29 capilaridade. **Irriga Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Botucatu,
30 v.10, n.2, p. 146-154, 2005.
- 31
32 SILVA, J. O.; SOUZA, P. A.; GOMES JÚNIOR, J.; PEREIRA, P. R. G.; ROCHA,
33 F. A. Crescimento e composição mineral da alface no sistema hidropônico por
34 capilaridade. **Irriga**, Botucatu, v.10, n. 2, p. 146-154, 2005.
- 35
36 SILVA, S. M.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P.; REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C.;
37 SILVA, S. M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob
38 diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa
39 Maria, v.41, n.11, p.1931-1937, 2011.
- 40
41 SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L.
42 B.; SOLINO A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico,
43 convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 242-
44 245, 2011.
- 45
46 TAKAHASHI, H. W.; HIDALGO, P.C.; FADELLI, L.; CUNHA, M. E. T.
47 Composição e manejo da solução nutritiva visando a diminuição do teor de
48 nitrato nas folhas de alface hidropônica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25,
n. 1, p. 006-009, 2007.

- 1
2 TRANI, P. E.; RAIJ, B. Hortaliças. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.
3 A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o
4 Estado de São Paulo. 2.ed.rev.atual. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação
5 IAC, 1997. cap.18, p.157-185. (Boletim Técnico, 100).
6
7 TURAZI, C. M. V.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A.; BORGIO, L. A.
8 Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e
9 tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 65-
10 70, 2006.
11
12 YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M.; FREITAS, S. A. C.;
13 RODRIGUES JUNIOR, J. C. **Alface americana: cultivo comercial**. Lavras:
14 UFLA. 51p. (Textos acadêmicos, 13). 2002.
15
16 YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Competição de
17 cultivares de alface americana no sul de Minas Gerais. **Caatinga**, Mossoró, v.
18 19, n. 1, p. 98-102, 2006.
19
20 YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. Desempenho
21 agrônomo de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São
22 Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 292-297, 2017.

1

2

3