

NATHALIA PEREIRA RIBEIRO

**RESPOSTA DA BATATA-DOCE A ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA AO
USO DE PACLOBUTRAZOL**

Botucatu

2020

NATHALIA PEREIRA RIBEIRO

**RESPOSTA DA BATATA-DOCE A ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA AO
USO DE PACLOBUTRAZOL**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes

Botucatu
2020

R484r Ribeiro, Nathalia Pereira
Resposta da batata-doce a adubação nitrogenada associada
ao uso de paclobutrazol / Nathalia Pereira Ribeiro. -- Botucatu,
2020
82 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes

1. Ipomoea batatas (L). 2. Nitrogênio. 3. Regulador do
crescimento vegetal. 4. Épocas de plantio. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

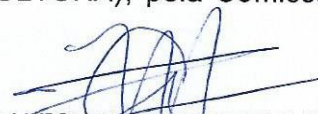
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: RESPOSTA DA BATATA-DOCE À ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA AO USO DE PACLOBUTRAZOL

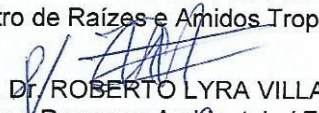
AUTORA: NATHALIA PEREIRA RIBEIRO

ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



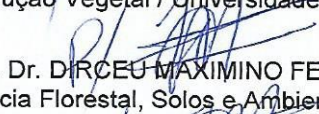
Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participação Virtual)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista - UNESP



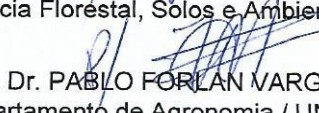
Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS (Participação Virtual)
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. FÁBIO RAFAEL ECHER (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Universidade do Oeste Paulista



Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES (Participação Virtual)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / UNESP - Câmpus de Registro/SP

Botucatu, 18 de novembro de 2020

Aos meus pais Mário e Silvana e minha irmã

Leticia por acreditarem em meus sonhos,

Ao meu avô Elviro por me despertar o amor a

terra

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por me dar sabedoria para chegar até aqui.

A minha família, por sempre me incentivarem e me amarem.

Ao Prof. Dr. Adalton por tudo que me ensinou, amizade e pela paciência.

Aos amigos Rudieli, Raíra, Luiza, Natália, Kaelly, Thiago, Laís Cristina por terem sido minha segunda família e tornado meu caminho mais leve até aqui, jamais me esquecerei de vocês.

Aos meus queridos amigos de longa data Edna, Nataly, Aline, Victor, Marília, Gabriela, Vitor Hugo, Jeniffer Narcisa, Vanusa e Jéssica por sempre me apoiarem, torcerem por mim e principalmente estarem sempre presentes em minhas voltas para casa.

A dona Rose e Sr. Valmir pelo carinho, pois sempre que volto para minha casa em Campo Grande preparam algo que eu adoro comer.

Aos funcionários e alunos do CERAT, em especial ao Élder, Juliana, Débora, Pamela, Danilo, Luís, Thaís, Ricardo, Gyslane, Luan, Hebert, Politon, Lydia, Jesion, Jason, Jéssica e Alana pela amizade, ajuda e disposição sempre.

A Jú e a Dé pelas conversas, momentos de descontração, incentivo e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Horticultura, em especial ao Prof. Dr. Filipe e Prof. Dr. Marco Tecchio pela amizade, apoio e pelos ensinamentos repassados.

Ao produtor rural Alexandre pela concessão da área experimental.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP pela possibilidade de realização do meu sonho.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais - CERAT pelo suporte e apoio institucional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado (CAPES - Processo nº 88882.433039/2019-01).

E a todos que de alguma forma contribuíram para o sucesso desse trabalho a minha eterna gratidão.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana”.

Carl Jung.

RESUMO

Na batata-doce, o nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais exigido e sua aplicação em doses elevadas favorece o crescimento da folhagem em detrimento da formação de raízes tuberosas. Assim, a aplicação de regulador de crescimento em combinação com a adubação nitrogenada pode reduzir o crescimento aéreo excessivo e aumentar o crescimento das raízes tuberosas, podendo contribuir para a produção de raízes tuberosas de tamanho mais uniforme. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade da batata-doce submetida à adubação nitrogenada e a aplicação de regulador de crescimento vegetal. Foram conduzidos dois experimentos durante os anos agrícolas de 2017/18 e 2018/19, sendo um implantado na época das águas e outro na época das secas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram representados por quatro doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) combinadas com quatro formas de aplicação do regulador de crescimento vegetal paclobutrazol (1: controle sem aplicação do regulador de crescimento; 2: aplicação do regulador de crescimento aos 40 dias após o plantio – DAP; 3: aplicação do regulador de crescimento aos 55 DAP; 4: aplicação do regulador de crescimento aos 40 DAP + 55 DAP). No plantio da época águas, as aplicações de regulador de crescimento aos 40 DAP e a aplicação combinada aos 40+55 DAP, reduziram em 9% o comprimento das ramas de batata-doce, o que pode ter acarretado em um adiantamento na translocação de fotoassimilados para os drenos, maior acúmulo de matéria seca (MS) nas raízes e consequentemente maior produtividade total e comercial nesses tratamentos. As características físico-químicas e nutricionais das raízes tuberosas foram maiores com a aplicação de regulador aos 40 DAP. No plantio da seca, as aplicações de regulador de crescimento aumentaram o desenvolvimento vegetativo, contudo, a aplicação de regulador aos 40 DAP, melhorou o acúmulo de MS nas raízes tuberosas e produtividade, no entanto as características físico-químicas e nutricionais foram maiores quando realizadas aplicações de regulador aos 55 ou 40+55 DAP. O fornecimento de 50 kg ha⁻¹ de N durante o plantio das águas, aumentou a produtividade da cultura sem ocasionar em um crescimento excessivo da parte aérea. Contudo, no plantio da seca em geral, as características físico-químicas e nutricionais das raízes foram maiores com incremento das doses de N,

mas, o N afetou negativamente os parâmetros relacionados à produção de raízes tuberosas, fato este que provavelmente ocorreu devido ao fornecimento de altas doses de N em solos com déficit hídrico, além de uma provável salinização do solo provocada pelo incremento das doses de N e o fornecimento de K no plantio.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* (L). Nitrogênio. Regulador do crescimento vegetal. Épocas de plantio.

ABSTRACT

In sweet potato, nitrogen (N) is the second most required nutrient and its application in high rates favors the growth of the foliage to the detriment of the formation of storage roots. Thus, the application of plant growth regulator in combination with N fertilization can reduce excessive shoot growth and increase the growth of storage roots, which may contribute to the production of storage roots of more uniform size. Thus, the objective of this work was to evaluate the plant growth and yield of sweet potato submitted to N fertilization and the application of plant growth regulator. Two experiments were carried out during the agricultural years 2017/18 and 2018/19, one being implemented during the rainy season and another during the dry season. The experimental design used was a randomized blocks in the 4x4 factorial scheme with four replications. The treatments were represented by four N rates (0, 50, 100, and 200 kg ha⁻¹) combined with four ways of paclobutrazol applying (1: control without plant growth regulator application; 2: application of the plant growth regulator at 40 days after planting - DAP; 3: application of plant growth regulator at 55 DAP; 4: application of plant growth regulator at 40 + 55 DAP). In rainy season planting, the application of plant growth regulator at 40 DAP and the combined application at 40 + 55 DAP, reduced by 9%, the length of the sweet potato branches which even so, may have resulted in an advance in translocation of photoassimilates for the sink organ, greater accumulation of dry matter (DM) in the roots and consequently greater total and marketable root yield in these treatments. The physico-chemical and nutritional characteristics of the storage roots were greater with the application of a plant growth regulator at 40 DAP. In the dry season planting, the applications of plant growth regulator increased the vegetative development, however, the application of plant growth regulator at 40 DAP, improved the accumulation of DM in the storage roots and yield; however, the physico-chemical and nutritional characteristics were greater when performed the applications at 55 or 40 + 55 DAP. The supply of 50 kg ha⁻¹ N during the rainy season planting increased the yield of the crop without causing an excessive shoot growth. However, in dry season planting, in general, the physico-chemical and nutritional characteristics of the roots were greater with an increase in the rates of N, but the N negatively affected the parameters related to the production of storage roots, a fact that probably occurred due to the supply of high N

rates in soils with water deficit, in addition to a probable soil salinization caused by the increase in the N rates and the K supply at planting furrow.

Keywords: *Ipomoea batatas* L. Nitrogen. Plant growth regulator. Planting times.

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas plantio das águas em São Manuel nos anos de 2017-18; plantio das águas em São Manuel nos anos de 2018-19; plantio da seca em Bauru no ano de 2018; plantio da seca em São Manuel no ano de 2019.....	30
Figura 2 – Teor de N na folha diagnóstica da batata-doce em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$	38
Figura 3 – Número de ramas secundárias aos 65 DAP (a) e 85 DAP (b), número de folhas por planta aos 65 DAP (c) e 85 DAP (d), comprimento da rama aos 65 DAP (e) e 85 DAP (f) de plantas de batata-doce em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste LSD ($P \leq 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$	42
Figura 4 – Acúmulo de MS na parte aérea (a), raiz tuberosa (b) e na planta inteira (c), índice de colheita (d), teor de N na parte aérea (e), teor de N na raiz tuberosa (f), extração de N (g) e exportação de N (h) pela batata-doce em resposta a doses de nitrogênio. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$	48
Figura 5 – População final de plantas (a), número comercial de raízes por planta (b), peso médio das raízes (c), produtividade das classes de tamanho de 80-150g (d), 151-250g (e), 251-500g (f), 501-800g (g), produtividade total (h) e produtividade comercial (i) e produtividade não comercial (j) de raízes tuberosas de batata-doce em resposta as doses de nitrogênio. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$	54
Figura 6 – Teor de amido na raiz (a), açúcar redutor (b), açúcar total (c), proteína bruta (d), fibra total (e) e cinza (f) de raízes de batata-doce cultivadas em duas épocas de plantio, em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de	

crescimento. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ 63

Figura 7 – Teores de P (a), K (b), Ca (c), Mg (d), Fe (e), Cu (f) e Mn (g)
nas raízes tuberosas de batata-doce em resposta a doses de
nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. * $P \leq 0,05$;
** $P \leq 0,01$ 68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Atributos químicos do solo das áreas experimentais em amostras de solo coletadas na camada de 0-0,2 m de profundidade antes do plantio da batata-doce.....	32
Tabela 2 –	Teor de N na folha diagnóstica da batata-doce em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento.....	38
Tabela 3 –	Número de ramas principais, número de ramas secundárias, número de folhas e comprimento da rama principal de plantas de batata-doce aos 65 e 85 dias após o plantio (DAP) em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento.....	41
Tabela 4 –	Acúmulo de MS nas partes da planta e na planta inteira, índice de colheita, teor de N na parte aérea, nas raízes tuberosas, extração e exportação de N pela batata-doce em duas épocas de plantio, em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento.....	46
Tabela 5 –	População final de plantas, número total e comercial de raízes tuberosas por planta, peso médio de raízes tuberosas, e produtividade de raízes por classes, produtividade total, comercial e não comercial em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento.....	53
Tabela 6 –	Teores de matéria seca (MS), amido, açúcar redutor, açúcar total, proteína bruta, fibra total e cinza nas raízes tuberosas da batata-doce cultivada em duas épocas de plantio, em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento.....	62
Tabela 7 –	Teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn nas raízes tuberosas de batata-doce em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento.....	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Localização e características das áreas experimentais.....	29
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	31
3.3	Instalação e condução dos experimentos.....	31
3.4	Avaliações.....	33
3.4.1	Teor de N na folha diagnóstica.....	33
3.4.2	Número de ramas principais e secundárias por planta, número de folhas por planta e comprimento das ramas principais.....	34
3.4.3	Quantidade de MS acumulada nas partes da planta e na planta inteira, índice de colheita (IC), teor, extração e exportação de N.....	34
3.4.4	População de plantas, número, peso médio, classificação e produtividade de raízes tuberosas.....	35
3.5	Avaliações de qualidade das raízes tuberosas.....	35
3.5.1	Teor de MS nas raízes.....	35
3.5.2	Teores de amido, açúcares redutores, açúcares totais e carboidratos.	36
3.5.3	Teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, e Zn nas raízes tuberosas.....	36
3.6	Análise estatística	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	Teor de N na folha diagnóstica.....	38
4.2	Número de ramas principais e secundárias por planta, número de folhas por planta e comprimento das ramas principais.....	39
4.3	Quantidade de MS acumulada, índice de colheita (IC), teor, extração e exportação de N.....	45
4.4	População de plantas, número, peso médio, classificação, produtividade de raízes tuberosas.....	52
4.5	Teores de MS, amido, açúcares redutores, açúcares totais, carboidratos, proteína bruta, fibras totais e cinzas nas raízes tuberosas.....	61
4.6	Teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas raízes tuberosas.....	66
5	CONCLUSÕES.....	72

REFERÊNCIAS.....	73
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma hortaliça popular e cultivada em todo o mundo. Essa espécie tuberosa é originária de regiões tropicais da América do Sul e Central e tem como características produzir caule rastejante e raízes tuberosas, além de ser uma das doze mais importantes culturas do mundo, com vital importância para o suprimento alimentar da população mais carente (SILVA, et al., 2002; EDMOND; AMMERMAN, 1971).

No Brasil, a batata-doce é a sexta hortaliça mais plantada, sendo que na região Sudeste, o Estado de São Paulo (SP) apresenta a maior área comercial cultivada com esta raiz tuberosa (8.431 hectares). Sendo que o município de Presidente Prudente é o principal polo produtor, cuja área plantada anualmente é de aproximadamente 2.289 hectares com uma produção de 1.845 toneladas por ano (IEA, 2019).

A planta de batata-doce apresenta sistema radicular com dois tipos de raízes, ou seja, o sistema radicular absorvente e o sistema radicular tuberoso. As raízes tuberosas apresentam variação de formato e tamanho dependendo da cultivar, mas a proporção de raízes tuberosas que não atingem o padrão adequado de comercialização *in natura* é relativamente alto nessa espécie. Já o sistema radicular absorvente é amplo, ramificado e profundo, e devido a essas características, é considerada uma planta rústica. Por esse motivo, muitas vezes a batata-doce é cultivada em solo de baixa fertilidade e sem o emprego de adubação mineral, o que contribui para o baixo desempenho produtivo da cultura (SILVA et al., 2002).

Apesar de ser considerada uma planta rústica, a batata-doce absorve grandes quantidades de nutrientes do solo, com destaque para o nitrogênio (N) que é o segundo nutriente mais absorvido. O N é um nutriente fundamental para a cultura, pois esse elemento aumenta o conteúdo de proteínas nas raízes tuberosas, além de estimular o crescimento das folhas e aumentar o tamanho das raízes tuberosas. No entanto, o fornecimento de altas doses de N, na maioria das vezes, aumenta a produção endógena do hormônio giberelina, o que faz com que as plantas apresentem um crescimento excessivo da parte aérea em detrimento da formação de raízes tuberosas (FERNANDES et al., 2018; FERNANDES et al., 2020).

Uma forma de reduzir o crescimento excessivo da parte aérea das plantas de batata-doce é através da aplicação de produtos reguladores ou retardantes do

crescimento vegetal (MABVONGWE et al., 2016). Esses produtos normalmente atuam inibindo a biossíntese de giberelina, o que reduz o crescimento da parte vegetativa das plantas e pode alterar a partição de fotoassimilados em favor do crescimento dos órgãos de reserva (NJITI et al., 2013; CHEN et al., 2012).

Em outras culturas, a aplicação de reguladores de crescimento vegetal tem se mostrado eficiente em reduzir o crescimento vegetativo das plantas e aumentar a produtividade, especialmente em condições favoráveis a vegetação excessiva da folhagem. Contudo, na cultura da batata-doce ainda não se conhece quais os efeitos que a aplicação de reguladores de crescimento pode exercer sobre a produtividade final dessa espécie tuberosa.

Dessa forma, partindo do princípio que a batata-doce apresenta considerável produtividade de raízes não comerciais e que o fornecimento de N pode aumentar o tamanho das raízes tuberosas e que os reguladores de crescimento podem reduzir o crescimento excessivo da folhagem, é possível que a aplicação combinada de N e regulador de crescimento nessa espécie possa favorecer positivamente a produtividade de raízes. Com isso, poderá haver um equilíbrio na relação fonte/dreno com menor desenvolvimento da parte aérea e uma uniformização no enchimento das raízes tuberosas, o que contribuirá para uma melhoria da produtividade comercial. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da batata-doce submetida à adubação nitrogenada e a aplicação de regulador de crescimento vegetal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L). Lam.) é uma planta tuberosa, pertencente à família das Convolvuláceas, com caule herbáceo de hábito prostrado, cujas raízes originam-se na base dos caules que estão localizados abaixo do solo (SILVA et al., 2002; MIRANDA et al., 1995). Em termos de produção de raízes tuberosas, a China é o maior produtor mundial de batata-doce, mas devido à sua adaptabilidade e suas características de desenvolvimento que incluem, alta rusticidade, ampla adaptação climática, tolerância à seca e o alto valor nutricional das raízes tuberosas, a batata-doce é amplamente cultivada em todo o mundo (CIP, 2020).

A comercialização da batata-doce é um fator bastante atrativo para os produtores, pois permite a inserção da produção em diferentes canais de comercialização, como alimentação humana (*in natura*), ração animal (*in natura* ou silagem) e industrial (extração de amido e fabricação de álcool), sendo que alguns genótipos de batata-doce possuem múltiplas aptidões (AHN et al., 2010; GONÇALVES NETO et al., 2011; ECHER, 2015). Essa versatilidade de usos caracteriza a batata-doce como sendo uma matéria-prima importante frente a um cenário mundial de constante crescimento populacional (CECÍLIO FILHO et al., 2016).

No Brasil, as variedades de batata-doce comercializadas possuem predominantemente sua coloração de polpa amarela, branca ou creme. Raramente, são encontradas batatas-doces de polpa alaranjadas que são ricas em carotenoides (MELO et al., 2010). Porém em outros países como a África, a batata-doce de polpa alaranjada possui grande relevância devido a sua quantidade de betacaroteno, sendo este um precursor da vitamina A que ajuda no combate a cegueira infantil, uma doença de importância em países subdesenvolvidos em situações de vulnerabilidade social (STEVENS; WINTER NELSON, 2008; NOLÊTO et al., 2015).

Em termos de rendimento, a batata-doce apresenta elevada eficiência por unidade de área e tempo, razão pela qual é considerada uma cultura energética capaz de produzir grandes quantidades de carboidratos em um ciclo de produção relativamente curto e de baixo custo. Esses carboidratos estão principalmente armazenados nas raízes tuberosas que também contém quantidades significativas de fibras, proteínas, micronutrientes, altos teores de vitaminas do grupo A, complexo B e sais minerais como cálcio, ferro e fósforo (CARDOSO et al., 2005). Portanto, a

batata-doce consumida principalmente *in natura*, torna-se uma importante fonte de alimento de alta qualidade que pode suprir a carência de nutrientes e consequentemente reduzir o número de casos de desnutrição infantil nas regiões mais carente do mundo (STATHERS et al., 2013; CIP, 2020).

Apesar da grande importância da batata-doce como alimento, no passado ela perdeu espaço para o pão ou outras hortaliças de fácil preparo e de maior atratividade como batata, cenoura e tomate (SILVA et al., 2002). No entanto, nos últimos anos a batata-doce ganhou mais espaço na alimentação dos brasileiros, o que resultou em aumento no cultivo de batata-doce principalmente no estado de São Paulo (IBGE, 2019; FAOSTAT, 2019). Sendo que em condições técnicas adequadas de cultivo, a produtividade da batata-doce pode atingir mais de 40 t ha⁻¹ de raízes tuberosas (RÓS et al., 2012).

No cultivo da batata-doce, a época de plantio tem uma grande influência no crescimento vegetativo e na produtividade das raízes tuberosas. No entanto, poucos estudos demonstram o impacto da época de plantio no desenvolvimento da cultura (ERPEN et al., 2013). Ricce et al. (2018) e Erpen et al. (2013) apontaram que determinadas estações do ano, como o inverno, podem restringir o cultivo da batata-doce com temperaturas abaixo de 15°C. Por isso, é recomendado o plantio da batata-doce nesses locais no final do ano, preferencialmente entre os meses de outubro à dezembro. No entanto, em regiões onde a temperatura média durante o ciclo de plantio é de em média 25° C, o plantio pode ser feito ao longo do ano, mas a irrigação deve ser realizada nos períodos mais secos que compreende os meses de maio à agosto (RAVI et al., 2009).

Quanto ao regime pluviométrico, a cultura deve ser implantada em locais com uma precipitação média anual de 750 a 1000 mm, dos quais cerca de 500 mm são necessários durante a fase de crescimento (SILVA et al., 2002). Atenção especial deve ser dada para a fase crítica de disponibilidade de umidade no solo que ocorre na primeira semana após o plantio. Isso acontece porque as ramas-semente não possuem ainda um sistema radicular estabelecido capaz de explorar a umidade contida nas camadas inferiores do solo. Nesse período, é necessário irrigar pelo menos duas vezes, sendo que a primeira irrigação deve ser realizada após o plantio com o objetivo de promover o contato do solo com as ramas para favorecer a manutenção da umidade do tecido vegetal das plantas. Esta etapa, se bem

executada, deve assegurar uma maior taxa de pegamento das mudas evitando com isso o replantio (SILVEIRA et al., 2020).

Em condições tropicais, o ciclo da batata-doce varia entre 90 a 150 dias, dependendo da cultivar, mas até 60 dias após o plantio (DAP) as ramas de batata-doce cobrem praticamente todo o solo da área de cultivo (SILVA et al., 2002; ECHER, 2015). A quantidade de MS acumulada pela planta de batata-doce até os 50 DAP é pequena, pois as raízes tuberosas ainda estão na fase inicial de desenvolvimento, apesar de 80% das raízes tuberosas já terem sido formadas (ECHER, 2015). É evidente o aumento da translocação de fotoassimilados da parte aérea para as raízes de reserva a partir dos 55 DAP, pois a partição de MS para as folhas diminui e para as raízes aumenta. Aos 85 DAP, as raízes se tornam importantes drenos de fotoassimilados produzidos pela planta. No entanto, a parte aérea ainda tem um desenvolvimento expressivo, já que próximo à colheita as raízes de reserva representam 44% da MS total da planta, enquanto as folhas e ramas juntas podem atingir mais da metade da biomassa acumulada na planta (ECHER et al., 2009).

As raízes tuberosas são a parte de interesse comercial da planta de batata-doce, mas um dos problemas que ocorre nessa cultura é que existe uma alta taxa de produção de raízes não comerciais, ou seja, de tamanho e formato desuniforme, fato este que muitas vezes está associado a baixa fertilidade dos solos nos quais a batata-doce é cultivada (ECHER, 2015), e esse problema é ainda mais agravado devido à informações de que a batata-doce é pouco responsiva a adubação (SILVA et al., 2002; FILGUEIRA, 2008). Contudo, estudos têm demonstrado respostas positivas da cultura a aplicação de N (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; ALVES et al., 2009), fósforo (P) (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006) e potássio (K) (NOGUEIRA et al., 1992; BRITO et al., 2006; ECHER et al., 2009), evidenciando assim, que é possível obter ganhos de produtividade na cultura da batata-doce mediante o emprego de uma adubação mineral equilibrada.

O N é o segundo nutriente mais exigido pela batata-doce (FILGUEIRA, 2008) e a recomendação de alguns boletins técnicos é que se forneça entre 20 e 60 kg ha⁻¹ de N (LORENZI et al., 1997; SILVA et al., 2002), ou seja, doses relativamente baixas. No entanto, sabe-se que desde a década de 90 já existiam informações indicando que a cultura da batata-doce chega a extrair por volta de 129 kg ha⁻¹ de N para produzir cerca de 30 t ha⁻¹ de raízes tuberosas (MIRANDA et al., 1995), o que é uma

quantidade significativa de N para uma cultura considerada pouco exigente em nutrientes. Além disso, um estudo realizado no estado de São Paulo (SP) com a cultivar Canadense demonstrou que para a produtividade de $36,5 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes tuberosas a cultura da batata-doce absorveu 350 kg ha^{-1} de N, sendo que deste total 129 kg de N foram exportados com a colheita das raízes tuberosas (ECHER et al., 2009). Outros estudos têm demonstrado que a aplicação de doses de até 154 kg ha^{-1} de N (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006) ou até maiores (BOURKE, 1985) têm proporcionado aumentos significativos na produtividade de raízes tuberosas da batata-doce.

Apesar da importância do N, existe uma preocupação em se recomendar uma dose ideal de N na cultura da batata-doce, pois tanto a falta como o excesso desse nutriente resulta em menor produtividade de raízes tuberosas (HARTEMINK et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2006; PRABAWARDANI; SUPARNO, 2015). Isso ocorre porque o N exerce grande influência sobre a produção e distribuição de matéria seca (MS) na planta, pois quando o N é fornecido em quantidades insuficientes, o crescimento das ramas torna-se limitado e as plantas apresentam menor área foliar disponível para a fotossíntese, o que reflete em redução na produtividade de raízes tuberosas (KAYS, 1985; CHEN et al., 2015). Contudo, a disponibilidade excessiva desse nutriente aumenta a produção endógena do hormônio giberelina, o que faz com que as plantas apresentem um crescimento excessivo da parte aérea em detrimento da formação de raízes tuberosas (OLIVEIRA et al., 2005, OLIVEIRA et al., 2006, SAKI et al., 2019; CHEN et al., 2015).

O aumento da área foliar é extremamente importante para que a cultura atinja a máxima eficiência entre a interceptação da luz e conversão em reservas para crescimento da raiz tuberosa (SOMDA; KAYS 1990; NAIR; NAIR, 1995). No entanto, o índice de área foliar em excesso, provoca o efeito de auto-sombreamento dificultando o aumento da produção de MS das raízes tuberosas sendo que o incremento de MS passa a ser preferencialmente nas folhas (RENTER; STASSEN, 1998; LARCHER, 2004; RAVI; SARAVANAN, 2012), o qual é um dos principais fatores relacionados à produção de raízes fora do padrão de comercialização (RAVI; INDIRA, 1999; RAVI; SARAVANAN, 2012). O crescimento vegetativo excessivo ainda causa na batata-doce problemas de grande importância econômica, incluindo a dificuldade com a realização de tratos culturais e maior custo da colheita (THANKAMMA; ESWARIAMMA, 1990; SMITH; WRIGHT, 1994).

Uma forma de diminuir o crescimento vegetativo da parte aérea das plantas de batata-doce é através da aplicação de produtos reguladores do crescimento vegetal (NJITI et al., 2013). Os principais produtos vendidos comercialmente são compostos triazólicos, como o paclobutrazol (PBZ), o cloreto de clorocolina (CCC), o hexaconazol (HEX), o triadimefon (TDM), o propiconazol (PCZ), proexadiona cálcica (PC), e os compostos quaternários de amônia, como o cloreto de chlormequat e o cloreto de mepiquat, esses produtos são compostos químicos sintéticos aplicados nas plantas em baixas dosagens e que atuam inibindo a biossíntese da giberelina (GA) (RADEMACHER, 2000; NUNES, 2017; FLETCHER et al., 2000; MANIVANNAN et al., 2007). A rota biossintética da GA nas plantas ocorre em três etapas, sendo que cada uma destas acontece em compartimentos celulares distintos (TAIZ et al., 2017; HEDDEN; PHILLIPS, 2000).

No estágio primário que ocorre nos plastídeos é sintetizado o composto caureno. Nessa primeira etapa da rota os inibidores cloreto de chlormequat (CCC) e cloreto de mepiquat inibem a conversão de geranil-geranil-disfosfato para caureno. A segunda fase ocorre no retículo endoplasmático e os inibidores paclobutrazol (PBZ) e uniconazole (UCZ) representam o grupo de reguladores que inibem a passagem do caureno para GA₁₂-aldeído. Já a terceira e última fase, ocorre no citosol e os reguladores proexadiona-Ca e o etil-trinexapac podem bloquear as reações finais do metabolismo da giberelina (FAGAN, et al., 2015; RADEMACHER, 2015; TAIZ et al., 2017; HEDDEN; PHILLIPS, 2000).

Os produtos reguladores do crescimento vegetal são capazes de modificarem a arquitetura das plantas, inibir o crescimento do ápice caulinar, o que diminui o crescimento da planta em altura, além de intensificar a pigmentação verde das folhas e colaborar com a translocação de fotoassimilados para o sistema radicular (SANKHLA et al., 1985; FLETCHER; ARNOLD 1986; TEKALIGN; HAMMES, 2005; SEBASTIAN et al., 2002). Em outras culturas, a aplicação de reguladores de crescimento vegetal tem se mostrado eficiente em reduzir o crescimento vegetativo das plantas e aumentar a produtividade, especialmente em condições favoráveis a vegetação excessiva da folhagem (COTHREN; OOSTERHUIS, 2010; BARÁNYIOVÁ; KLEM, 2016; RADEMACHER, 2015; TEKALIGN; HAMMES, 2005; ROSOLEM et al., 2013).

Dentre o grupo dos triazólicos, o efeito do paclobutrazol na redução do tamanho das plantas já foi constatado por vários autores em diversas espécies vegetais. Na

cultura da macieira tratada com paclobutrazol, verificou-se que o número de folhas por planta não foi reduzido, apesar do crescimento das plantas ter cessado durante 6 a 8 semanas (STEFFENS, 1988). Na cultura do alho, foi observado que o aumento nas concentrações de paclobutrazol reduziu a altura das plantas e no número de folhas por planta, mas incrementou a produtividade total e comercial de bulbos até as concentrações de 725 e 778 ml L⁻¹ (RESENDE; SOUZA, 2002). Na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), a aplicação de regulador de crescimento, além de reduzir o crescimento vegetativo excessivo das plantas, aumentou a partição de assimilados para os tubérculos, estimulou a tuberização precoce e elevou o crescimento dos tubérculos formados (TEKALIGN; HAMMES, 2005). Sabe-se que a aplicação foliar do regulador principalmente em culturas amiláceas contribui com a capacidade fotossintética (fotossíntese líquida), assimilação e particionamento de fotoassimilados para os órgãos de reserva das plantas, tais como raízes ou tubérculos (TEKALIGN; HAMMES, 2005; DAVIS et al., 1991).

Em batata-doce a literatura disponível sobre a utilização de reguladores de crescimento é escassa. No entanto, num estudo realizado por Njiti et al. (2013) a aplicação de 140 g ha⁻¹ de proexadiona cálcica aos 14 e 42 dias após o transplante, reduziu o comprimento da rama resultando em aumento da produtividade total de raízes tuberosas em comparação com o tratamento controle. Isso mostrou que a aplicação do regulador de crescimento na cultura afetou a distribuição de fotoassimilados em favor do desenvolvimento das raízes reservas. Chen et al. (2012), realizando um ensaio na China, também verificou efeitos positivos na utilização do paclobutrazol sobre a qualidade de raízes de batata-doce.

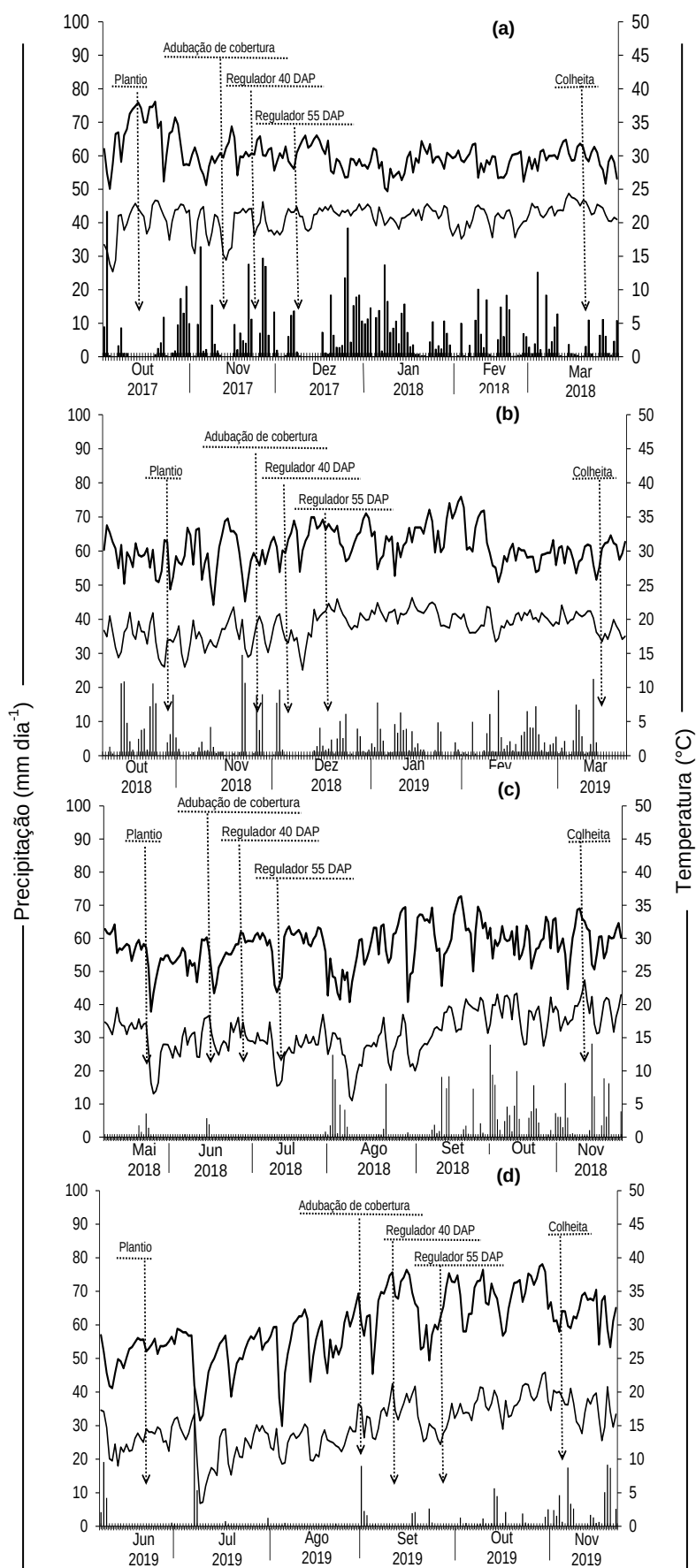
Apesar dos benefícios da utilização do regulador de crescimento comprovados principalmente em literatura internacional, a utilização desses produtos no Brasil ainda é considerada incipiente, principalmente sua eficiência na cultura da batata-doce, pois ainda não se conhece quais os efeitos que a aplicação foliar destes produtos pode exercer sobre a produtividade final dessa espécie principalmente quando cultivada em regiões de clima tropical.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características das áreas experimentais

Foram realizados dois experimentos durante os anos agrícolas de 2017/18 e 2018/19. Um experimento foi implantado na estação chuvosa (outubro de 2017 e 2018) e o outro na estação seca (maio de 2018 e junho de 2019). Em cada ano agrícola os experimentos foram conduzidos em áreas diferentes do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), pertencentes a Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), situada na Fazenda experimental São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP (22° 25' S; 48° 34'W e altitude de 740 m acima do nível do mar). Apenas o plantio da seca do ano de 2018 foi conduzido em área comercial de produção de batata-doce no município de Bauru-SP (22°21'11"S 49°16'26"W e 539 m de altitude). Os solos das áreas experimentais foram classificados como Latossolo Vermelho distroférrico de textura arenosa (SANTOS et al., 2018). Durante a experimentação foram monitoradas as temperaturas máxima e mínima e a precipitação pluvial de cada local estudado (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação pluvial (barras verticais) e temperaturas máximas (linhas grossas) e mínimas (linhas finas) registradas nas áreas experimentais durante a condução da pesquisa. (a) plantio das águas em São Manuel nos anos de 2017-18; (b) plantio das águas em São Manuel nos anos de 2018-19; c) plantio da seca em Bauru no ano de 2018; d) plantio da seca em São Manuel no ano de 2019.



3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram representados por quatro doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) combinadas com quatro formas de aplicação do regulador de crescimento vegetal paclobutrazol (1: controle sem aplicação do regulador de crescimento; 2: aplicação do regulador de crescimento aos 40 dias após o plantio – DAP; 3: aplicação do regulador de crescimento aos 55 DAP; 4: aplicação do regulador de crescimento aos 40 DAP + 55 DAP). Como fonte de paclobutrazol foi utilizado o produto comercial Cultar 250 SC®. Em cada época de aplicação, o regulador de crescimento foi aplicado via foliar na dose de 100 g ha⁻¹ do i.a., utilizando-se o volume de calda de 200 L ha⁻¹. Cada parcela experimental foi representada por 4 linhas de plantas de batata-doce de 4 metros de comprimento. A área útil das parcelas foi representada por duas linhas centrais de plantas, desconsiderando 0,5 m nas extremidades de ambos os lados das parcelas.

3.3 Instalação e condução dos experimentos

A fertilidade das áreas de cultivo foi avaliada para o cultivo da batata-doce antes do preparo do solo. Apenas na área de São Manuel do plantio de 2017 houve a aplicação de 1,0 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico a lanço para elevar a saturação de bases (V%) do solo para 60% como recomendado por Lorenzi et al. (1997). No plantio da seca de 2018 realizado em Bauru, apesar do solo estar levemente ácido não foi realizada correção, uma vez que se adotou as práticas de manejo tradicionalmente utilizadas pelo produtor rural. Antes do plantio da batata-doce (após a correção nas áreas que receberam calagem), amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm em cada área experimental para determinação das características químicas de acordo com a metodologia proposta por van Raij et al. (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com aração seguida de gradagem niveladora. Um dia antes do plantio, leiras de 30 cm de altura foram construídas com auxílio de um sulcador de asas abertas acoplado a um trator. No topo das leiras, foram abertos sulcos para distribuição dos fertilizantes. Em todos os

experimentos realizados, as doses de P e K foram definidas com base na análise do solo (Tabela 1) e nas recomendações de Lorenzi et al. (1997).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo das áreas experimentais em amostras de solo coletadas na camada de 0-0,2 m de profundidade antes do plantio da batata-doce

Característica químicas	Plantio das águas		Plantio da Seca	
	2017-18*	2018-19	2018	2019
	São Manuel	São Manuel	Bauru	São Manuel
pH (CaCl ₂)	5,2	4,7	4,4	5,1
M.O (g dm ⁻³)	21	12	13	12
P resina (mg dm ⁻³)	23	5	19	29
K (mmol _c dm ⁻³)	0,57	0,91	1,24	0,95
Ca (mmol _c dm ⁻³)	9	14	5	22
Mg (mmol _c dm ⁻³)	6	7	4	5
Al ³⁺	0	2	3	0
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	13	21	23	23
CTC (mmol _c dm ⁻³)	29	43	33	52
V (%)	54	50	31	56
S (mg dm ⁻³)	9	4	5	4
B (mg dm ⁻³)	0,07	0,16	0,06	0,09
Cu (mg dm ⁻³)	1,0	0,2	2	0,5
Fe (mg dm ⁻³)	33	10	33	4
Mn (mg dm ⁻³)	14	4,8	8,2	2,6
Zn (mg dm ⁻³)	1,1	0,6	1,4	0,3

* Resultados da área de São Manuel do plantio de 2017-18 após correção do solo.

No plantio das águas nos anos de 2017-18 e 2018-19 foram fornecidos 80 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. No plantio da época da seca em ambos os anos (2018 e 2019) foram fornecidos 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em todos os experimentos, foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses de N de cada tratamento foram parceladas, aplicando-se 50% das doses no plantio da batata-doce e o restante em cobertura. Como fontes de N, P e K, foram utilizados a ureia (45% N), o superfosfato triplo (41% de P₂O₅ e 7 % de Ca) e o cloreto de potássio (60% de K₂O). Após a distribuição, os fertilizantes foram incorporados ao solo nos sulcos de plantio e em seguida com o solo úmido foi realizado o plantio da batata-doce.

Os plantios da época das águas foram realizados no dia 13 de outubro de 2017 e no dia 22 de outubro de 2018. Já os experimentos da época das secas foram plantados nos dias 19 de maio de 2018 e 16 de junho de 2019. Apenas no plantio da seca, devido à ausência de chuvas durante os primeiros 15 DAP, foi realizada duas irrigações semanais por infiltração nas covas de plantio, aplicando-se em cada

irrigação aproximadamente 3,0 L de água por cova, visando aumentar a taxa de pagamento das ramas de batata-doce.

As ramas utilizadas no plantio foram da cultivar Canadense retiradas de matrizes jovens, um dia antes do plantio e seccionadas em pedaços de aproximadamente 30 cm de comprimento a partir do ápice das matrizes. Uma rama por cova foi utilizada enterrando de 3 a 4 entrenós da base das ramas o que corresponde a uma profundidade de 10 a 12 cm no topo das leiras construídas (OLIVEIRA et al., 2006). Apenas no plantio das águas do ano de 2017, as plantas foram espaçadas 1,0 m entre as linhas e 0,30 m entre plantas. Nos demais experimentos, o espaçamento utilizado foi o de 1,3 m entre linhas e 0,30 m entre planta.

A fertilização de cobertura com os 50% da dose restante de N em cada tratamento, foi realizada aos 30 DAP com exceção para o plantio da seca do ano de 2019 que só pode ser realizado aos 77 DAP devido a falta de pluviosidade e de que o experimento foi realizado sem irrigação (Figura 1d). O fertilizante foi aplicado no topo das leiras em filete contínuo, em uma distância de aproximadamente 10 cm da base das plantas. A aplicação de regulador de crescimento na batata-doce foi realizada via foliar aos 40 e 55 DAP pulverizando-se um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹ com um pulverizador costal elétrico, equipado com uma barra de cinco bicos do tipo leque, com capacidade de vazão constante a 4 L minuto⁻¹ e pressão máxima constante de 40 Bar.

Durante o período de desenvolvimento da cultura, foram realizadas todas as práticas agrícolas recomendadas para a cultura quando necessário. A colheita da batata-doce foi realizada no mês de março para os plantios realizados nas épocas das águas (2017 = 156 DAP e 2018 = 150 DAP) e durante os experimentos realizados no plantio da seca a colheita ocorreu no mês de novembro (2018 = 174 DAP, 2019 = 150 DAP).

3.4 Avaliações

3.4.1 Teor de N na folha diagnóstica

A avaliação do estado nutricional de N das folhas diagnósticas de batata-doce em todos os experimentos foi realizada de acordo com o proposto por Lorenzi et al. (1997) para o estado de São Paulo. Aos 60 DAP, foram realizadas amostragens de

folhas, retirando-se a partir do topo das plantas as folhas mais recentes totalmente desenvolvidas de 10 plantas de cada parcela. Após a coleta, as folhas foram lavadas e secas em estufa à 65 °C por 72 horas e moídas para determinação dos teores de N de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

3.4.2 Número de ramas principais e secundárias por planta, número de folhas por planta e comprimento das ramas principais

Aos 65 DAP e 85 DAP (10 e 30 dias após a última aplicação do regulador de crescimento) foram avaliados em duas (02) plantas de cada parcela o número de ramas principais e secundárias por planta, o comprimento das ramas principais e o número de folhas por planta.

O número de ramas principais e secundárias e o número de folhas por planta foram obtidos mediante contagem de cada estrutura nas plantas. Foram consideradas como ramas principais aquelas que se originaram da base das plantas e as ramas secundárias aquelas originárias das ramas principais. O comprimento das ramas principais foi considerado como a distância entre a base da planta e o ápice de cada rama.

3.4.3 Quantidade de MS acumulada nas partes da planta e na planta inteira, índice de colheita (IC), teor, extração e exportação de N

Nesta avaliação não foram contabilizadas as raízes absorventes. No momento da colheita, foram coletadas as plantas de duas linhas de 1,5 m da área útil de cada parcela. Após colhidas, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes tuberosas. As amostras foram pesadas (peso fresco) e posteriormente retiradas subamostras desse material, as quais foram pesadas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante.

Após a secagem, as amostras foram pesadas para obtenção da MS. A MS da planta inteira foi obtida mediante a soma das quantidades de MS acumuladas na parte aérea e nas raízes tuberosas. Em seguida, as amostras secas foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Esta porção triturada foi utilizada para a determinação do teor de N (MALAVOLTA et al., 1997).

As quantidades de N acumuladas na parte aérea e nas raízes tuberosas foram obtidas multiplicando-se o teor de N pela quantidade de MS acumulada em cada estrutura da planta, sendo expressos em kg ha^{-1} . Já a quantidade extraída pela cultura foi determinada pela soma das quantidades de N acumuladas em ambas partes da planta, enquanto que a quantidade de N exportada foi representada pela quantidade de N acumulada nas raízes tuberosas. O cálculo do índice de colheita foi realizado pela divisão da MS acumulada nas raízes pela MS acumulada na planta inteira.

3.4.4 População de plantas, número, peso médio, classificação e produtividade de raízes tuberosas

A população final de plantas foi obtida mediante a contagem do número de plantas presentes em 1,5 m das duas fileiras centrais de cada parcela. Em seguida, os valores obtidos foram convertidos em plantas por hectare. Na data da colheita, foram coletadas as raízes tuberosas em duas linhas de 1,5 m (± 10 plantas) na área útil de cada parcela. Posteriormente, as raízes tuberosas foram escovadas, contadas e classificadas adaptando-se a classificação proposta por Silva; Lopes (1995). As raízes tuberosas lisas de formato alongado e uniforme foram classificadas nas seguintes classes de tamanho > 800g (Diversos), 800 a 501 g (Graúda), 500 a 251 g (Extra A), 250 a 151 g (Extra) e 150 a 80 g (Diversos). As raízes tuberosas deformadas (tortas) e com tamanho maior que 800 g ou menor que 80 g foram contabilizadas como raízes não comercializáveis.

Após classificadas as raízes tuberosas foram pesadas para determinação da produtividade por classes. A produtividade comercial foi obtida a partir do somatório das classes de raízes tuberosas lisas de formato alongado e uniforme e com peso entre 80 e 800 g. A produtividade total foi obtida a partir do somatório da produtividade comercial (80 a 800 g) e não comercial (deformadas; menor que 80 g e maior que 800 g).

3.5 Avaliações de qualidade das raízes tuberosas

3.5.1 Teor de MS nas raízes

O teor de MS nas raízes tuberosas foi determinado pelo método gravimétrico. Nesta avaliação as raízes tuberosas foram fatiadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 105 °C até peso constante (ZENEBOM; PASCUET, 2005).

3.5.2 Teores de amido, açúcares redutores, açúcares totais e carboidratos

Os teores de amido, açúcares redutores e totais foram determinados nas amostras de raízes tuberosas secas a 65 °C por 96 h e moídas. Nestas amostras, os teores de amido, açúcares redutores e totais foram determinados na matéria seca, segundo metodologia de Somogyi, adaptada por Nelson (1944), e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 535 nm.

Posteriormente, os dados de açúcares e amido foram convertidos para teores na matéria fresca e os teores de carboidratos foram obtidos pela soma dos teores de amido e açúcares totais.

3.5.2 Teor de proteína, fibras totais e cinzas

Amostras secas e moídas das raízes tuberosas foram utilizadas para determinação do teor de proteína pelo método Kjeldahl (920.87 da AOAC) (HORWITZ et al., 2005), utilizando-se no cálculo o fator de 6,25 para conversão em proteína bruta. Posteriormente, os dados foram convertidos para teores de proteína na matéria fresca.

O teor de fibras totais foi determinado nas amostras secas das raízes de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (2007) e, em seguida, os valores foram convertidos para teores na matéria fresca. O teor de cinzas foi obtido por meio da calcinação em mufla a 550 °C, de acordo com o método 942.05 da AOAC (2007).

3.5.3 Teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, e Zn nas raízes tuberosas

Nas amostras secas das raízes tuberosas foram determinados os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Em seguida, os teores de nutrientes foram convertidos para mg 100 g⁻¹ de matéria fresca.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância separadamente por experimento, considerando-se a média dos dois anos de cultivo de cada experimento. As médias dos tratamentos referentes às formas de aplicação do regulador de crescimento foram comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$), enquanto que os efeitos das doses de N foram avaliados por análise de regressão, empregando-se o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de N na folha diagnóstica

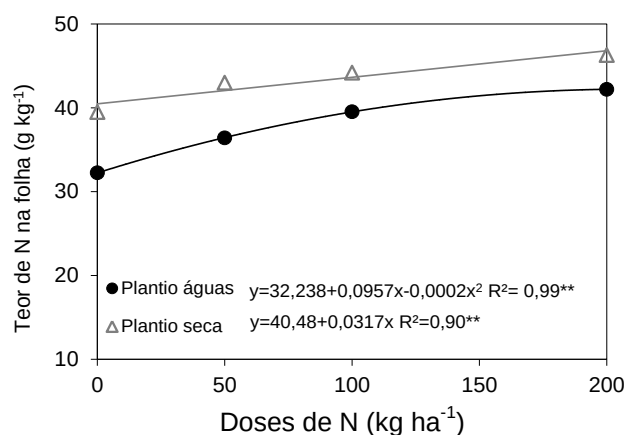
Os teores de N nas folhas de batata-doce nos plantios das águas e da seca foram afetados pelas doses de N (Tabela 2). No plantio das águas essa variável aumentou de forma quadrática até a maior dose de N estudada, enquanto que no plantio da seca os teores de N nas folhas aumentaram linearmente com o incremento das doses de N e foram maiores que no plantio das águas (Figura 2). Para ambas épocas de plantio, os teores foliares de N variaram de 32,2 a 46,8 g kg⁻¹ de N (Figura 2).

Tabela 2 – Teor de N na folha diagnóstica da batata-doce em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Média de dois plantios (2017/18 e 2018/19).

Variáveis	Método de aplicação do regulador ⁽¹⁾				ANOVA (P>F)		
	Controle	R-40	R-55	40+55	Regulador (R)	Dose N (N)	R x N
Plantio das águas							
Teor de N na folha (g kg ⁻¹)	37,0	36,9	37,5	39,0	ns	<0,001	ns
Plantio da seca							
Teor de N na folha (g kg ⁻¹)	43,2	42,7	42,4	44,6	ns	<0,001	ns

Valores seguidos pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de LSD ($P \leq 0,05$). ns: não significativo. (1) Controle = sem aplicação de regulador de crescimento; R-40 = aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP; R-55 = aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP; 40+55 = aplicação de regulador de crescimento aos 40 e 55 DAP.

Figura 2 – Teor de N na folha diagnóstica da batata-doce em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.



Apenas no plantio das águas houve deficiência de N nas plantas de batata-doce no tratamento sem N, pois na ausência da adubação nitrogenada os teores foliares

de N ficaram abaixo dos valores estabelecidos como adequados para a batata-doce que é de 33-45 g kg⁻¹ de N (LORENZI et al., 1997). No entanto, no plantio das secas não houve deficiência de N mesmo quando não se forneceu N mineral para a cultura. Neste cultivo, a aplicação da maior dose de N resultou em teores foliares de N acima da faixa considerada como adequada por Lorenzi et al. (1997), o que indica que nessa época de cultivo, a aplicação 200 kg ha⁻¹ de N na batata doce é desnecessária. Esses resultados demonstram que no cultivo das secas a demanda por N da batata-doce é menor, podendo-se aplicar menores doses do nutriente. O manejo adequado da adubação nitrogenada na batata-doce é fundamental, uma vez que tanto a deficiência quanto o excesso de N podem causar desvantagens para o desenvolvimento e a produtividade da batata-doce (HARTEMINK et al., 2000; FERNANDES et al., 2018).

4.2 Número de ramas principais e secundárias por planta, número de folhas por planta e comprimento das ramas principais

Nas avaliações realizadas aos 65 e 85 DAP, não houve influência dos fatores regulador e doses de N sobre o número de ramas principais nos plantios das águas e das secas e, em média, ao final das avaliações as plantas apresentaram 1,4 e 1,2 ramas principais por planta, respectivamente (Tabela 3).

Nos dois plantios, o número de ramas secundárias aos 65 DAP foram influenciados pelos fatores regulador e doses de N isoladamente (Tabela 3). Aos 85 DAP no plantio das águas essa variável também foi afetada por ambos fatores, mas, no plantio da seca apenas o regulador influenciou o número de ramas secundárias (Tabela 3). Nas duas épocas de avaliação e em ambos plantios, o número de ramas secundárias, foram menores nos tratamentos controle e com aplicação de regulador aos 40 DAP (Tabela 3). Contudo, em alguns casos um aumento na emissão de brotações laterais é observado quando utilizado inibidores da síntese de giberelina, uma vez que as aplicações desses produtos podem elevar os níveis endógenos de citocinina, hormônio este que atua no desenvolvimento de gemas axilares nas plantas (IZUMI et al., 1988; GROSSMANN, 1992; TAIZ et al., 2017). Fato este que explica o aumento do número de ramas secundárias quando o regulador foi aplicado de forma combinada aos 40+55 DAP (Tabela 3).

Aos 65 e 85 DAP no plantio das águas o número de ramas secundárias por planta aumentou em 30% até a dose de 130 kg ha^{-1} de N (Figuras 3a e 3b), mas no plantio da seca o aumento no número de ramas secundárias foi de 13% e ocorreu até os 122 kg ha^{-1} de N (Figura 3a). Esses aumentos no número de brotações laterais observados quando o N é disponibilizado para a planta reforçam a importância desse nutriente, por se tratar de um constituinte da molécula de clorofila que afeta na fotossíntese e promove o crescimento vegetativo das plantas (BASSI et al., 2018).

Contudo, Thankamma; Easwariamma (1990) relatam que um aumento excessivo no número de ramificações se correlaciona negativamente com a produtividade de raízes tuberosas, isso porque, quanto maior o número de ramificações laterais, maior será a competição entre o desenvolvimento das raízes tuberosas e a parte vegetativa das plantas. Assim, o fluxo de fotoassimilados pode ser alterado nos primeiros estádios de diferenciação das raízes tuberosas, afetando a capacidade de armazenamento dessas raízes (ALVES et al., 2006).

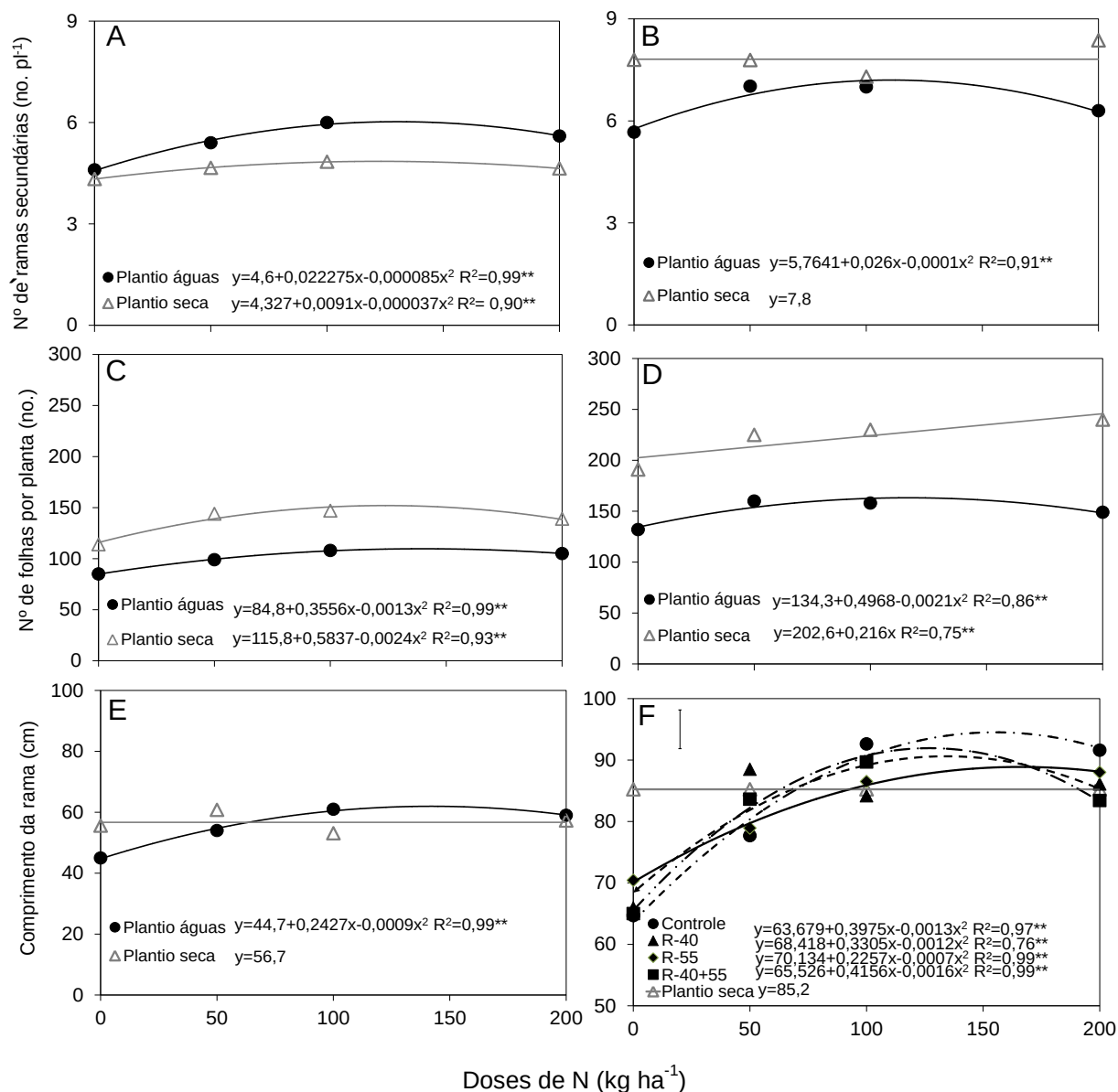
Tabela 3 – Número de ramas principais, número de ramas secundárias, número de folhas e comprimento da rama principal de plantas de batata-doce aos 65 e 85 dias após o plantio (DAP) em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Média de dois plantios (2017/18 e 2018/19).

Variáveis	Método de aplicação do regulador ⁽¹⁾				ANOVA ($P>F$)		
	Controle	40 DAP	55 DAP	40+55 DAP	Reg (R)	Doses (N)	R×N
Plantio das águas aos 65 DAP							
Ramas principais (no.)	1,4	1,6	1,4	1,4	ns	ns	ns
Ramas secundárias (no.)	5,2b	5,3b	5,4ab	5,8a	0,039	<0,001	ns
Folhas por planta (no.)	100	97,8	98,5	102,4	ns	<0,001	ns
Comprimento da rama (cm)	55,7ab	51,1c	57,3a	54,7b	<0,001	<0,001	ns
Plantio das águas aos 85 DAP							
Ramas principais (no.)	1,4	1,5	1,3	1,4	ns	ns	ns
Ramas secundárias (no.)	6,0b	6,2b	6,9a	7,0a	<0,001	<0,001	ns
Folhas por planta (no.)	136,7b	157,4a	141,3b	166,4a	<0,001	<0,001	ns
Comprimento da rama (cm)	81,6	81,2	81,0	80,4	ns	<0,001	<0,001
Plantio da seca aos 65 DAP							
Ramas principais (no.)	1,3	1,2	1,2	1,3	ns	ns	ns
Ramas secundárias (no.)	4,2c	4,4c	4,8b	5,2a	0,044	<0,001	ns
Folhas por planta (no.)	118,1c	142,3a	135,4b	146,4a	0,042	0,007	ns
Comprimento da rama (cm)	53,4b	58,4a	58,2a	56,8a	<0,001	ns	ns
Plantio da seca aos 85 DAP							
Ramas principais (no.)	1,3	1,3	1,2	1,3	ns	ns	ns
Ramas secundárias (no.)	6,9b	7,3b	8,3a	8,5a	0,006	ns	ns
Folhas por planta (no.)	194,3d	216,9c	226,9b	237,6a	<0,001	<0,001	ns
Comprimento da rama (cm)	78,6b	87,5a	86,3a	82,9ab	<0,001	ns	ns

Valores seguidos pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de LSD ($P\leq 0,05$). ns: não significativo. (1) Controle = sem aplicação de regulador de crescimento; R-40 = aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP; R-55 = aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP; 40+55 = aplicação de regulador de crescimento aos 40 e 55 DAP.

O número de folhas por planta aos 65 DAP foi influenciada apenas pelas doses de N no plantio das águas (Tabela 3), mas, essa variável foi afetada pelos fatores isolados no plantio da seca (Tabela 3). No plantio da seca, a aplicação de regulador de crescimento aos 40 ou aos 40+55 DAP proporcionou uma quantidade de folhas por planta semelhante, porém, nestes tratamentos as plantas apresentaram em média 22% mais folhas do que no tratamento controle (Tabela 3). Em relação ao N, observou-se que durante o plantio das águas, o número de folhas aos 65 DAP aumentou até a dose estimada de 136 kg ha⁻¹ de N resultando na produção de 109 folhas por planta (Figura 3c). Já no plantio da seca, o número de folhas por planta aumentou até a dose estimada de 121 kg ha⁻¹ de N (Figura 3c).

Figura 3 - Número de ramas secundárias aos 65 DAP (a) e 85 DAP (b), número de folhas por planta aos 65 DAP (c) e 85 DAP (d), comprimento da rama principal aos 65 DAP (e) e 85 DAP (f) de plantas de batata-doce em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste LSD ($P \leq 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.



Nos dois plantios, o número de folhas por planta na avaliação realizada aos 85 DAP foi influenciado isoladamente pelos fatores estudados (Tabela 3). Verifica-se que no plantio das águas a aplicação de regulador aos 40 DAP ou aos 40+55 DAP aumentou o número de folhas por planta em relação ao controle e o tratamento que recebeu apenas uma aplicação aos 55 DAP. Porém, no plantio das secas o maior número de folhas por planta aos 85 DAP ocorreu no tratamento com aplicação de regulador aos 40+55 DAP e os menores valores foram obtidos no tratamento controle (Tabela 3). Opatrná et al. (1997) afirmam que na batateira (*Solanum*

tuberosum) o uso de substâncias que inibem a síntese de giberelinas estimulou o desenvolvimento de novas brotações, como observado neste estudo, onde, o número de ramas secundárias e consequentemente o número de folhas por planta no plantio das águas e da seca, aumentaram com a aplicação combinada de PBZ aos 40 e 55 DAP durante as duas avaliações realizadas (Tabela 3).

Em relação ao fornecimento de N, no plantio das águas o número de folhas por planta aos 85 DAP aumentou até a dose de 118 kg ha⁻¹ de N (Figura 3d). Entretanto, no plantio da seca, o incremento da adubação nitrogenada aumentou linearmente o número de folhas nas plantas avaliadas aos 85 DAP (Figura 3d). Além disso, verifica-se que quando a batata-doce foi plantada durante a seca o número de folhas em ambas avaliações foi superior ao observado no plantio das águas, mesmo quando não foi fornecido N para a batata-doce. Esses resultados indicam que provavelmente no plantio da seca o período vegetativo das plantas foi maior do que o obtido no plantio das águas em função da restrição hídrica e das baixas temperaturas da época (Figura 3c e figura 3d).

Sabe-se que as folhas são importantes estruturas das plantas capazes de alocar grandes quantidades de fotoassimilados que posteriormente serão redirecionados para as raízes de reserva na fase de enchimento delas. O fornecimento de doses adequadas de N pode aumentar a capacidade fotossintética das folhas, portanto, a falta de N provavelmente reduzirá a quantidade de carboidrato redirecionada para as raízes tuberosas (CHEN et al., 2015). Contudo, o excesso de N aumenta excessivamente a área foliar em detrimento da formação de raízes tuberosas (CHEN et al., 2012), sendo assim, é importante manejar adequadamente a quantidade de N a ser fornecida para a batata-doce.

No plantio das águas o comprimento das ramas aos 65 DAP foi afetado pelos fatores regulador e doses de N isoladamente (Tabela 3). Entretanto, no plantio da seca, apenas o regulador de crescimento influenciou esta variável. No plantio das águas, o comprimento das ramas avaliado aos 65 DAP demonstrou que no tratamento que recebeu regulador aos 40 DAP as ramas foram em média 9% menores do que nos demais tratamentos, mas no plantio da seca, as ramas dos tratamentos com regulador apresentaram comprimento similar e, em média, 8% maior do que no tratamento controle.

Durante o plantio das águas, a adubação nitrogenada aumentou o comprimento das ramas até doses estimadas de 134 kg ha⁻¹ de N na avaliação feita aos 65 DAP

(Figura 3e). Assim, principalmente na ausência da adubação nitrogenada as plantas que não receberam N apresentaram uma redução de 27% no comprimento das ramas quando comparada com a melhor dose de N estimada para essa variável (Figura 3e). Para Kays (1985) e O'Sullivan et al. (1997) o fornecimento de N em quantidades insuficientes, pode ocasionar em uma diminuição de 15 a 25% no crescimento vegetativo, fato este que interfere negativamente nos processos de fotossíntese e acúmulo de carboidratos nas raízes da batata-doce.

O comprimento das ramas aos 85 DAP no plantio das águas foi influenciado pelas doses de N e pela interação R x N, mas no plantio da seca essa variável foi afetada somente pelo regulador (Tabela 3). No plantio das águas, o comprimento das ramas aumentou de forma quadrática com as doses de N em todos os tratamentos (Figura 3f). Na ausência da adubação nitrogenada os comprimentos das ramas não diferiram estatisticamente entre as aplicações de regulador. Porém, o comprimento das ramas de batata-doce com o fornecimento de 50 kg ha⁻¹ de N foi menor quando o regulador não foi aplicado ou a aplicação foi realizada aos 55 DAP. Quando foram fornecidas as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N uma redução de, em média, 9% no comprimento de ramas foi constatada nas plantas que receberam a aplicação de regulador aos 40 DAP e aos 40+55 DAP, respectivamente; quando comparadas ao tratamento controle (Figura 3f).

Um menor comprimento de ramas com a aplicação de regulador aos 40+55 DAP provavelmente ocorreu devido à diminuição do crescimento inicial da rama ocasionado pela primeira aplicação do regulador aos 40 DAP, assim como também foi verificado na avaliação aos 65 DAP (Tabela 3 e Figura 3f). Isso se deve ao fato de que a aplicação precoce de paclobutrazol pode interromper a atividade do ácido giberélico nas células vegetais, responsáveis pelo alongamento do caule, reduzindo assim o comprimento das ramas (MABVONGWE et al., 2016), sendo que esta diminuição do crescimento pode aumentar a produtividade total de raízes tuberosas (NJITI et al., 2013). Nesse estudo, o fornecimento de N as plantas de batata-doce combinado com a aplicação de regulador pode intensificar a produção de carboidratos pela parte aérea das plantas e aumentar a translocação de carboidratos da parte aérea para as raízes tuberosas durante a fase de enchimento das raízes.

Como o crescimento da batata-doce é indeterminado, provavelmente outra aplicação de regulador entre os 40 e 55 DAP no plantio das águas, poderia potencializar os efeitos desse produto na redução do crescimento das plantas. Outra

solução para aumentar os efeitos do regulador de crescimento na redução do comprimento das plantas é a aplicação de maiores doses, já que as quantidades fornecidas no experimento não reduziram expressivamente o comprimento das ramas e o estudo com uma maior quantidade de ingrediente ativo poderia colaborar com o ajuste no manejo da dose adequada de regulador para se fornecer a cultura.

No plantio da seca, os efeitos da aplicação dos reguladores de crescimento no comprimento das ramas principais avaliados aos 85 DAP foram semelhantes, mas apenas os tratamentos que receberam uma aplicação do regulador aos 40 ou 55 DAP obtiveram ramas mais compridas do que o tratamento controle (Tabela 3).

4.3 Quantidade de MS acumulada, índice de colheita (IC), teor, extração e exportação de N

O acúmulo de MS na parte aérea das plantas durante o plantio das águas e da seca foram afetados pelos fatores isolados (Tabela 4). Nos dois plantios, os maiores acúmulos de MS na parte aérea foram verificados quando o regulador foi aplicado aos 40+55 DAP, porém no plantio das águas esse tratamento não diferiu do tratamento que recebeu o regulador aos 40 DAP (Tabela 4).

Observa-se que o aumento da MS da parte aérea com a aplicação de regulador de crescimento aos 40+55 DAP nos dois plantios já era esperada devido ao maior número de estruturas vegetativas contabilizadas neste tratamento durante as avaliações realizadas aos 65 e 85 DAP (Tabela 4 e tabela 3). Portanto, as duas aplicações de PBZ aos 40+55 DAP na batata-doce quebrou a dominância apical e estimulou a emissão de novas ramas com folhas, o que refletiu em uma maior área foliar e fotossíntese, o que provavelmente contribuiu para um maior acúmulo de MS na parte aérea.

Tabela 4 - Acúmulo de MS nas partes da planta e na planta inteira, índice de colheita, teor de N na parte aérea, nas raízes tuberosas, extração e exportação de N pela batata-doce em duas épocas de plantio, em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Média de dois plantios (2017/18 e 2018/19).

Variáveis	Método de aplicação do regulador ⁽¹⁾				ANOVA (P>F)		
	Controle	R-40	R-55	40+55	Reg (R)	Doses (N)	R x N
Plantio das águas							
<i>Matéria seca (MS)</i>							
Parte aérea (kg ha ⁻¹)	1748b	1997a	1732b	2183a	<0,001	<0,001	Ns
Raiz tuberosa (kg ha ⁻¹)	3425b	4040a	3551b	4071a	<0,001	<0,001	Ns
Total da planta (kg ha ⁻¹)	5174b	6037a	5284b	6254a	<0,001	<0,001	Ns
Índice de colheita	0,68	0,67	0,70	0,68	ns	ns	Ns
<i>Teor de N</i>							
Parte aérea (g kg ⁻¹)	17,0a	16,6ab	17,3a	15,7b	0,024	<0,001	Ns
Raiz tuberosa (g kg ⁻¹)	5,0	5,2	4,6	4,3	ns	<0,001	Ns
Extração de N (kg ha ⁻¹)	47b	54,3a	47b	52,7ab	0,02	<0,001	Ns
Exportação de N (kg ha ⁻¹)	17,4b	21,46a	16,58b	17,35b	0,01	<0,001	Ns
Plantio da seca							
<i>Matéria seca (MS)</i>							
Parte aérea (kg ha ⁻¹)	4447c	4556c	4972b	5314a	<0,001	<0,001	Ns
Raiz tuberosa (kg ha ⁻¹)	2469ab	2587a	2291b	2304b	<0,001	<0,001	Ns
Total da planta (kg ha ⁻¹)	6917b	7144b	7264ab	7619a	<0,001	<0,001	Ns
Índice de colheita	0,35a	0,36a	0,31b	0,30b	<0,001	<0,001	Ns
<i>Teor de N</i>							
Parte aérea (g kg ⁻¹)	17,2	17,8	18,4	18,7	ns	0,007	Ns
Raiz tuberosa (g kg ⁻¹)	8,0	8,2	7,3	8,0	ns	<0,001	Ns
Extração de N (kg ha ⁻¹)	94b	101b	107b	117a	<0,001	<0,001	Ns
Exportação de N (kg ha ⁻¹)	17,7	20	15,5	17,7	ns	<0,001	Ns

Valores seguidos pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de LSD (P≤0,05). ns: não significativo. (1) Controle = sem aplicação de regulador de crescimento; R-40= aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP; R-55= aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP; 40+55= aplicação de regulador de crescimento aos 40 e 55 DAP.

No plantio das águas, as doses crescentes de N aumentaram linearmente em 99% a produção de MS na parte aérea (Figura 4a). Martí; Mills (2002) e Santos Neto et al. (2017) também observaram que a MS da parte aérea das plantas de batata-doce aumentou com a utilização da adubação nitrogenada. Dessa forma, fica evidente o benefício do N para o desenvolvimento vegetativo das plantas (REDDY; REDDY 1987; OKPARA et al., 2009; COHAN et al., 2018). Contudo, no plantio da seca, o acúmulo de MS da parte aérea aumentou até a dose estimada de 90 kg ha⁻¹ de N, uma vez que, doses acima desta reduziram esta variável (Figura 4a). Apesar disso, é importante destacar que durante o plantio da seca o acúmulo de MS na

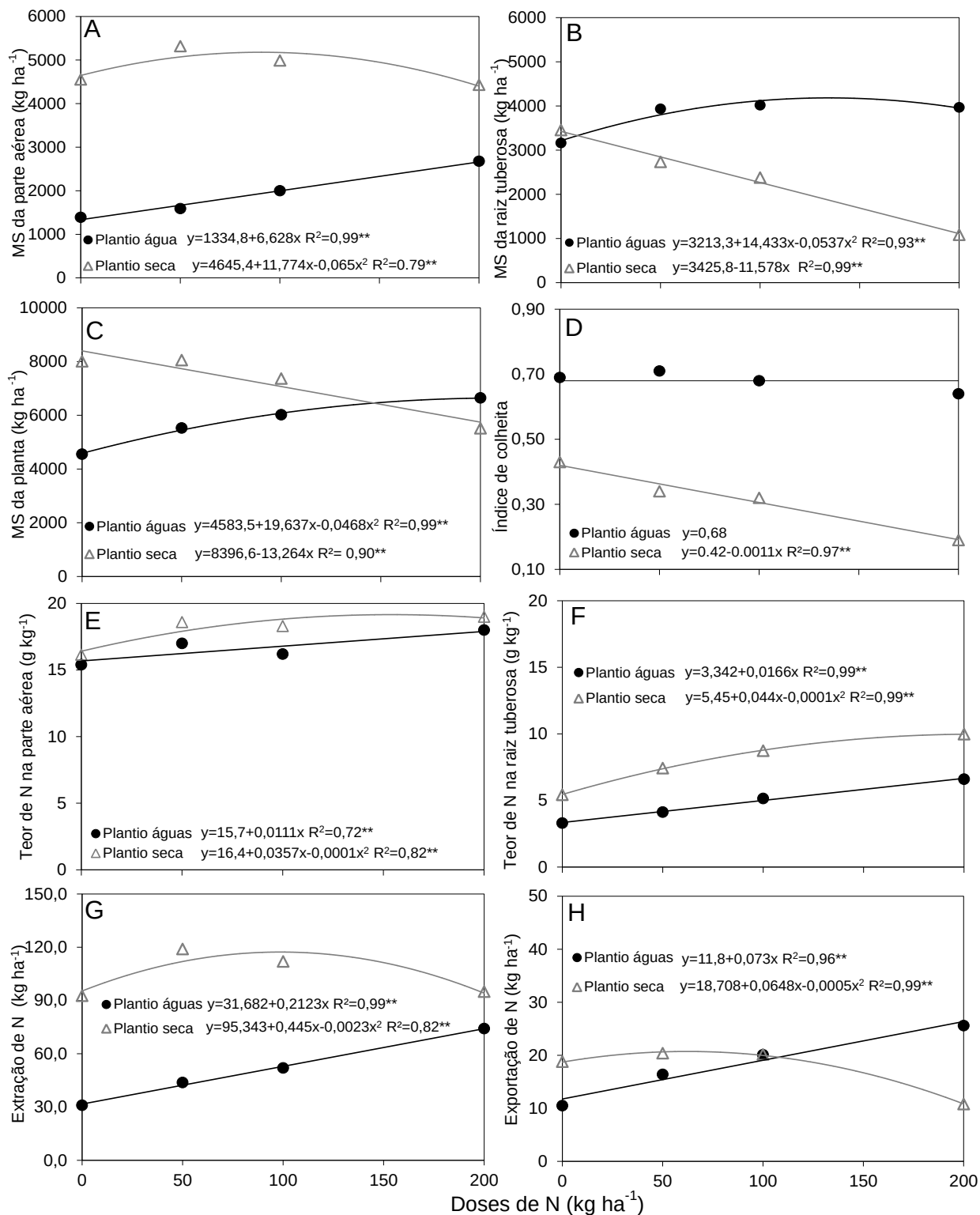
parte aérea das plantas foi em média 2907 kg ha⁻¹ superior aos valores obtidos durante o plantio das águas (Tabela 4). Diante disso, sugere-se que no plantio da seca as plantas de batata-doce tenham vegetado bem mais do que no plantio das águas, com maior acúmulo de fotoassimilados na parte aérea do que nas raízes tuberosas (Figura 4a).

O acúmulo de MS nas raízes tuberosas durante os dois plantios foram afetados pelo regulador e doses de N isoladamente (Tabela 4). No plantio das águas, a aplicação de regulador aos 40 e 40+55 DAP proporcionou acúmulos de MS nas raízes tuberosas similares e aumentou em 16% essa variável em comparação aos demais tratamentos. Verifica-se que apesar dessas mesmas aplicações de regulador terem estimulado o desenvolvimento e o acúmulo de MS na parte aérea, o crescimento vegetativo não foi excessivo e incrementou a produção e distribuição de fotoassimilados da folhagem para o enchimento das raízes tuberosas (Tabela 4).

Na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), também nota-se que a aplicação do regulador de crescimento aumenta as proporções de MS alocadas para os órgãos de armazenamento (TEKALIGN; HAMMES, 2005; WANG et al., 2009). Entretanto, no plantio da seca o tratamento que recebeu aplicação de regulador aos 40 DAP apresentou acúmulo de MS nas raízes superior aos demais tratamentos com PBZ, mas não diferiu significativamente do controle (sem regulador). Apesar disso, o acúmulo de MS nas raízes tuberosas em todos os tratamentos de regulador foram inferiores aos observados no acúmulo de MS na parte aérea (Tabela 4).

A adubação nitrogenada promoveu maior desenvolvimento do sistema radicular tuberoso da batata-doce, já que durante o plantio das águas a MS acumulada nas raízes aumentou até a dose estimada de 134 kg ha⁻¹ N, incrementando em 30% a MS de raízes tuberosas (Figura 4b). Assim como neste estudo, Tsuno; Fujise (1964) também demonstraram que o N além de aumentar a MS da parte aérea das plantas, também aumenta a taxa de distribuição de fotoassimilados da parte aérea para as raízes de reserva. No entanto, no plantio da seca o incremento nas doses de N reduziu linearmente a MS das raízes tuberosas, sendo que na maior dose de N utilizada houve redução de 68% na MS das raízes tuberosas em comparação ao tratamento sem fornecimento de N (Figura 4b).

Figura 4 - Acúmulo de MS na parte aérea (a), raiz tuberosa (b) e na planta inteira (c), índice de colheita (d), teor de N na parte aérea (e), teor de N na raiz tuberosa (f), extração de N (g) e exportação de N (h) pela batata-doce em resposta a doses de nitrogênio. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.



Esse resultado está de acordo com o observado por Chen et al. (2012) os quais relataram que o incremento nas doses de N afetou negativamente a formação

e desenvolvimento das raízes de armazenamento. Observa-se ainda que durante o cultivo da estação seca houve um grande acúmulo de MS na parte aérea e diminuição da quantidade de MS acumulada nas raízes de armazenamento, devido a planta ter vegetado por um longo período decorrente das baixas temperaturas e precipitação (Figura 1c e 1d) que podem ter atrasado o início da tuberização e enchimento das raízes (VILLAVICENCIO et al., 2007; ERPEN et al., 2013). Tais resultados demonstram que as respostas da batata-doce ao fornecimento de N podem variar de acordo com as épocas de plantio.

A quantidade de MS acumulada na planta inteira foi influenciada pelos fatores isolados nos dois plantios (Tabela 4). É importante destacar que a produção total de MS e sua distribuição entre os diferentes órgãos da planta são fatores de importância que exercem interferência significativa sobre a produtividade de raízes tuberosas. Verifica-se que no plantio das águas, a MS seca total das plantas foi 18% maior com a aplicação do regulador aos 40 DAP e aos 40+55 DAP, devido a um incremento no acúmulo de MS na parte aérea e principalmente nas raízes quando utilizados esses tratamentos (Tabela 4). Contudo, no plantio da seca o acúmulo de MS nas plantas do tratamento 40+55 DAP foi superior ao dos tratamentos controle e 40 DAP, mas não diferiu do tratamento 55 DAP. Esse aumento na MS das plantas na aplicação de regulador aos 40+55 DAP ocorreu devido a um aumento excessivo no crescimento de parte vegetativa, à custa da produção de raízes tuberosas.

Em relação aos efeitos do N, no plantio das águas, a MS total da planta aumentou de forma quadrática até a maior dose de N estudada (Figura 4c). Contudo, no plantio da seca, o incremento de doses de N reduziu linearmente a MS total das plantas, devido à diminuição no acúmulo de MS nas raízes ocasionada pelo fato das doses mais altas de N fornecidas no plantio terem aumentado o crescimento vegetativo prejudicando assim o desenvolvimento e enchimento das raízes tuberosas (Figura 5c e 5b).

Não houve influência dos fatores estudados sobre o IC no plantio das águas e, em média ao final do ciclo a batata-doce apresentou IC de 0,68, mas, durante o plantio da seca essa variável foi influenciada por ambos fatores estudados (Tabela 4). No plantio das águas, apesar do IC não apresentar diferença estatística entre os tratamentos de regulador e as doses de N verifica-se que em média o IC manteve-se acima do mínimo de 0,50 que é recomendado para as culturas (Peixoto et al., 2005). No entanto, no plantio da seca, a aplicação de PBZ aos 40 DAP não alterou o IC das

plantas em relação ao controle, mas os tratamentos que receberam PBZ aos 55 e 40+55 DAP tiveram seus ICs reduzidos. Em geral, durante o plantio da seca os valores de IC ficaram entre 0,30 e 0,36, valor este muito abaixo do recomendado para as culturas, o que significa que as aplicações de regulador foram pouco eficientes em controlarem o crescimento excessivo da parte aérea uma vez que provavelmente durante a ocasião da colheita apresentaram maiores quantidades de fotoassimilados na parte aérea do que nas raízes tuberosas.

Em relação ao fornecimento de N, verifica-se que no plantio da seca o incremento de doses de N reduziu linearmente o IC, o que provavelmente está relacionado com uma maior produção de MS de parte aérea em detrimento da formação de raízes tuberosas nesse período de plantio (Figura 4d). Fernandes et al. (2020) também verificaram que o excesso no fornecimento de N para a batata-doce elevou o crescimento das partes vegetativas mais do que favoreceu o crescimento das raízes tuberosas, o que refletiu em uma redução significativa no IC da cultura.

O teor de N na parte aérea foi influenciado pelos efeitos dos fatores isoladamente no plantio das águas e somente pelo fator doses de N no plantio da seca (Tabela 4). No plantio das águas, o teor de N na parte aérea das plantas do tratamento 40+55 DAP foi 8% inferior ao dos tratamentos controle e 55 DAP, mas não diferiu estatisticamente do tratamento que recebeu a aplicação de PBZ aos 40 DAP (Tabela 4). Em relação ao N, verifica-se que o fornecimento de doses crescentes no plantio das águas incrementou linearmente os teores de N na parte aérea das plantas (Figura 4e). Porém, no plantio da seca os teores de N da parte aérea aumentaram quadraticamente até a dose estimada de 178 kg ha^{-1} N, uma vez que essa dose elevou esta variável em 19% quando comparada com a ausência da adubação nitrogenada. No plantio das águas e da seca os teores de N na parte aérea variaram entre 15,7 a 17,9 e 16,4 a 19,5 g kg^{-1} respectivamente (Figura 4e). Verifica-se que nos dois plantios os teores de N na parte aérea e as doses de N que promoveram os maiores teores neste estudo, os quais foram superiores aos encontrados por Santos Neto et al. (2017). Estes autores trabalhando com três cultivares de batata-doce obtiveram teores de N na parte aérea variando de 8 a 12 g kg^{-1} com o fornecimento de 100 kg ha^{-1} de N na forma de ureia. Porém, os resultados encontrados neste estudo foram semelhantes aos teores encontrados por Fernandes et al. (2020), para esta mesma cultivar, quando se forneceu as mesmas

quantidades de N no cultivo da batata-doce e obtiveram teores de N na parte aérea variando entre 15,7 e 17,5 g kg⁻¹ N.

Nas raízes tuberosas, os teores de N no plantio das águas e da seca foram afetados somente pelas doses de N (Tabela 4). No plantio das águas, o incremento de doses de N aumentou linearmente em 99% o teor de N nas raízes tuberosas. Contudo, no plantio da seca essa variável aumentou em 88% de forma quadrática até a maior dose de N estudada (Figuras 4f). Os valores de teor de N nas raízes variaram de 3,3 a 6,7 g kg⁻¹ e de 5,5 a 10,3 g kg⁻¹ no plantio das águas e da seca, respectivamente. Fernandes et al. (2020) utilizando as mesmas doses de N encontraram teores de N nas raízes tuberosas variando de 5,9 a 7,1 g kg⁻¹, valores estes semelhantes aos encontrados nesse estudo. Santos Neto et al. (2017) relata que o teor de N nas raízes tuberosas da batata-doce foi inferior aos teores de N encontrados na parte aérea, uma vez que, essa característica pode ser importante na utilização da rama como cobertura do solo para recuperar parte do N que foi exportado pelas raízes na ocasião da colheita viabilizando assim, a conservação do solo.

Nas duas épocas de plantio, a extração de N pela batata-doce foi influenciada pelos fatores isolados (Tabela 4). No plantio das águas a aplicação de PBZ aos 40 DAP aumentou em aproximadamente 15,5% a extração de N pelas plantas em comparação aos tratamentos controle e com aplicação de PBZ aos 55 DAP. No entanto, no plantio da seca, a aplicação de regulador aos 40+55 DAP aumentou a extração de N em 16% em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si. Além disso, a extração de N pelas plantas no plantio da seca foi em média 108% maior do que a verificada no plantio das águas, devido a um maior acúmulo de MS na parte aérea das plantas de batata-doce durante o plantio da seca (Tabela 4).

O incremento das doses de N aumentou linearmente a extração de N no plantio das águas e até a dose estimada de 97 kg ha⁻¹ de N no plantio da seca (Figura 4g). De modo geral, no plantio das águas a máxima dose de N avaliada neste estudo, proporcionou uma absorção de 74,1 kg ha⁻¹ de N, contudo, no plantio da seca o fornecimento da dose estimada de 97 kg ha⁻¹, fez com que a batata-doce extraísse 117 kg ha⁻¹ de N (Figura 4g). Em estudos realizados por Fernandes et al., (2018) a quantidade de N absorvida pela batata-doce aumentou com os incrementos das doses de N e atingiu valores de absorção de 128 kg ha⁻¹ de N. De acordo com Miranda et al. (1995) a batata-doce absorve aproximadamente 129 kg ha⁻¹ de N para

a produção de 30 t ha^{-1} raízes de armazenamento, ou seja, no plantio da seca apesar dos valores de extração estarem próximos aos citados pela literatura, a produtividade de raízes tuberosas foi aproximadamente 20 t ha^{-1} inferior (Figuras 5h e 5i) aos valores citados por Miranda et al. (1995) e Fernandes et al. (2018).

No plantio das águas a exportação de N pelas raízes tuberosas foi influenciada isoladamente por ambos os fatores, no entanto, durante o plantio da seca apenas as doses de N afetaram esta variável (Tabela 4). A aplicação de regulador aos 40 DAP durante o plantio das águas aumentou em 23% a exportação de N quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 4).

Durante o plantio das águas, observa-se que o incremento nas doses de N aumentou linearmente a exportação desse macronutriente pelas raízes tuberosas (Figura 4h), devido ao efeito da adubação na biomassa e teor de N nas raízes (Figura 4b; 4f). Contudo, no plantio da seca, a exportação de N pelas raízes tuberosas aumentou quadraticamente até a dose estimada de 65 kg ha^{-1} de N, com uma quantidade de 21 kg ha^{-1} de N exportados pela colheita da batata-doce (Figura 5e). Observa-se que os valores de exportação de ambas épocas de plantio desse experimento são inferiores aos relatados por Echer et al. (2009) e Fernandes et al. (2020), o que pode ser reflexo de uma menor produção de biomassa de raízes uma vez que neste estudo a máxima quantidade de MS de raízes tuberosas encontrada nos plantios das águas e da seca foi de 4183 e 3425 kg ha^{-1} , respectivamente (Figura 4b) quando comparado aos estudos de Echer et al. (2009) e Fernandes et al. (2020) com valores de MS de raízes tuberosas de aproximadamente 6.000 kg ha^{-1} e entre 8.600 e 10.000 kg ha^{-1} , respectivamente.

4.4 População de plantas, número, peso médio, classificação, produtividade de raízes tuberosas

A população final de plantas durante o plantio das águas não foi influenciada por nenhum dos fatores estudados e foi em média de 24.361 plantas por hectare (Tabela 5) (Figura 5a).

Tabela 5 - População final de plantas, número total e comercial de raízes tuberosas por planta, peso médio de raízes tuberosas, e produtividade de raízes por classes, produtividade total, comercial e não comercial em duas épocas de plantio em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Média de dois plantios (2017/18 e 2018/19).

Variáveis	Método de aplicação do regulador ⁽¹⁾				ANOVA (P>F)		
	Controle	R-40	R-55	40+55	Reg (R)	Doses (N)	R x N
Plantio das águas							
Pop final (pl ha ⁻¹)	23675	24408	24387	24975	ns	ns	ns
Nº total de raiz (nºpl ⁻¹)	4,2	4,3	3,6	3,9	ns	ns	ns
Nº comer. de raiz (nºpl ⁻¹)	2,6	2,5	2,4	2,4	ns	0,02	ns
Peso médio da raiz (g)	154,0b	160,7b	182,4a	188,6a	0,01	<0,001	ns
<i>Produtividade de raízes (kg ha⁻¹)</i>							
80-150g	2641	2901	2878	2734	ns	<0,001	ns
151-250g	3295b	3942a	3702a	3865a	<0,001	<0,001	ns
251-500g	4147c	4547b	3874d	4921a	<0,001	<0,001	ns
501-800g	1415b	1584a	1611a	1715a	<0,001	<0,001	ns
Total	14542c	16676b	14943c	17361a	0,004	0,006	ns
Comercial	11497c	12976ab	12066b	13236a	0,008	<0,001	ns
Não comercial	3045c	3700b	2877c	4125a	<0,001	ns	ns
Plantio da seca							
Pop final (pl ha ⁻¹)	11417	12098	11851	11193	ns	<0,001	ns
Nº total de raiz (nºpl ⁻¹)	3,5	3,9	3,7	3,7	ns	ns	ns
Nº comer. de raiz (nºpl ⁻¹)	1,9	1,9	1,8	2,0	ns	0,04	ns
Peso médio da raiz (g)	210,9a	169,5d	178,2c	184,2b	<0,001	0,02	ns
<i>Produtividade de raízes (kg ha⁻¹)</i>							
80-150g	913c	1168a	950bc	1033b	<0,001	<0,001	ns
151-250g	1238b	1496a	1015c	1269b	<0,001	<0,001	ns
251-500g	2592a	2385b	1931c	2408b	<0,001	<0,001	ns
501-800g	1612c	2091a	1819b	1771b	<0,001	<0,001	ns
Total	10180b	10700a	9271d	9303c	<0,001	<0,001	ns
Comercial	6358b	7141a	5717c	6470b	<0,001	<0,001	ns
Não comercial	3822a	3558a	3554a	2896b	<0,001	<0,001	ns

Valores seguidos pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de LSD ($P \leq 0,05$). ns: não significativo. (1) Controle = sem aplicação de regulador de crescimento; R-40= aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP; R-55= aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP; 40+55= aplicação de regulador de crescimento aos 40 e 55 DAP.

Figura 5 - População final de plantas (a), número comercial de raízes por planta (b), peso médio das raízes (c), produtividade das classes de tamanho de 80-150g (d), 151-250g (e), 251-500g (f), 501-800g (g), produtividade total (h) e produtividade comercial (i) e produtividade não comercial (j) de raízes tuberosas de batata-doce em resposta as doses de nitrogênio. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.

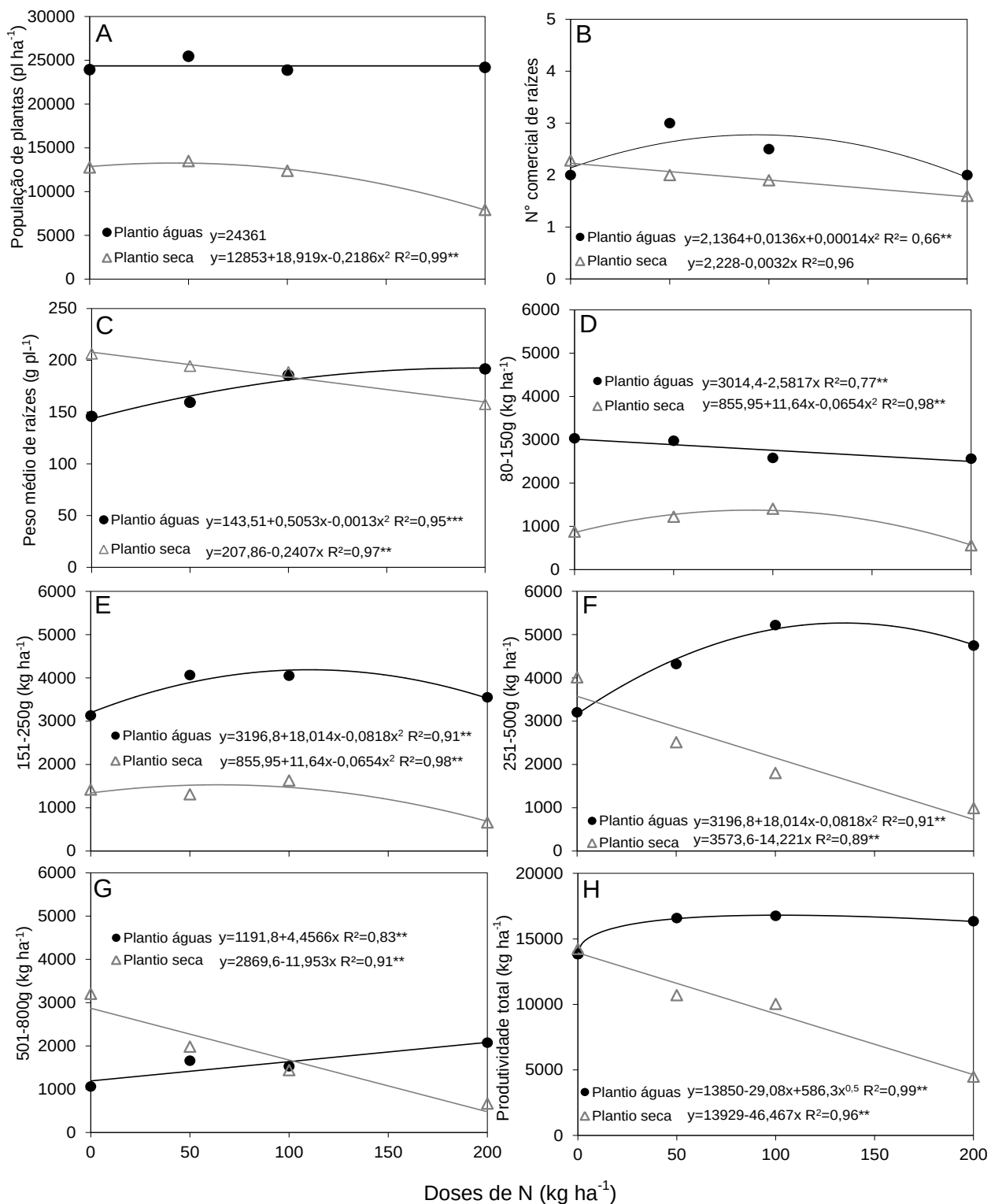
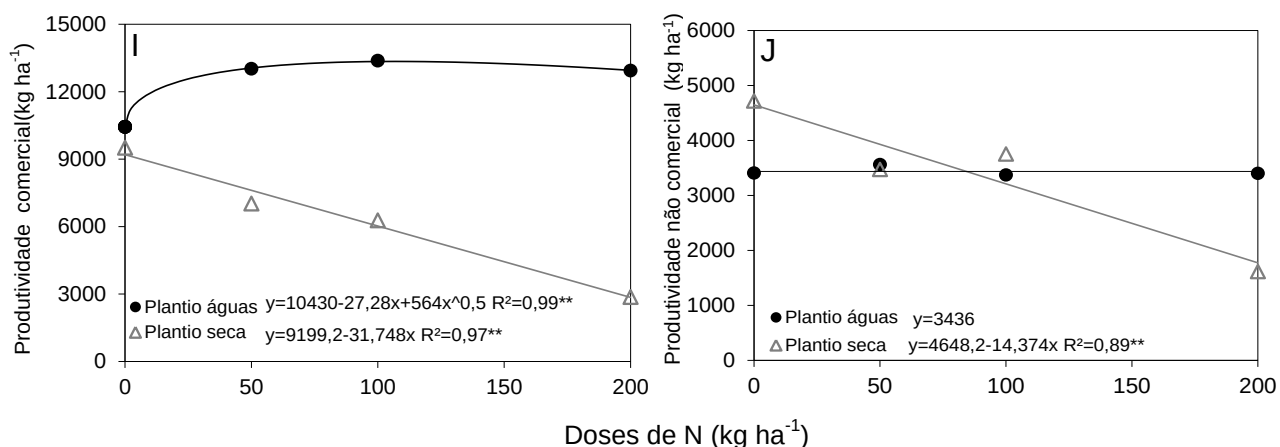


Figura 5 - Continuação



No plantio da seca apenas as doses de N afetaram a população final de plantas (Tabela 5). A adubação nitrogenada aumentou de forma quadrática a população de plantas até a dose estimada de 44 kg ha⁻¹ N, mas nas doses superiores a esta o fornecimento de N reduziu em até 40% a população final de plantas (Figura 5a). Esse resultado está relacionado com os baixos índices de pluviosidade da época da seca (Figura 1c e 1d) e ao elevado fornecimento de fertilizante nitrogenado, que combinados, tornaram o potencial osmótico do solo mais negativo prejudicando a absorção de água pelas plantas e reduzindo a população final. Na época seca, como a disponibilidade de água (chuva) foi baixa, o fornecimento de 90 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio também deve ter elevado a salinidade do solo, o que reduziu significativamente a população de plantas em relação a época chuvosa, independentemente da dose de N aplicada.

Nos plantios das águas e da seca o número total de raízes não foi afetado por nenhum dos fatores e foram em média 4,0 e 3,7 raízes por planta, respectivamente (Tabela 5). No plantio das águas e da seca o número comercial de raízes por planta foi influenciado apenas pelas doses de N (Tabela 5). No plantio das águas houve efeito quadrático para as doses de N, sendo que o fornecimento de 49 kg ha⁻¹ de N aumentou o número de raízes de padrão comercial. No entanto, no plantio da seca a adubação nitrogenada diminuiu linearmente o número comercial de raízes por planta em até 28% (Figura 5b). Esses resultados eram esperados porque a adubação nitrogenada também reduziu o acúmulo de MS nas raízes tuberosas durante o plantio da seca (Figura 5b).

Chen et al. (2015) também verificaram que o excesso da adubação com N diminuiu o número comercial de raízes tuberosas. Neste experimento, o

fornecimento de altas doses de N foi realizado em condições ambientais desfavoráveis em que as plantas foram afetadas pelo excesso de N, déficit hídrico e por baixas temperaturas e fotoperíodo curto (Figuras 1c e 1d) uma vez que, esses fatores ambientais negativos são os que mais afetam o ciclo da batata-doce e provavelmente atrasaram o processo de tuberização além de causar danos ao desenvolvimento do sistema radicular tuberoso (ERPEN et al., 2013; VILLORDON et al., 2009; RAVI; SARAVANAN 2012; MORTLEY et al., 2009).

O peso médio das raízes em ambos plantios foi influenciado isoladamente pelos fatores regulador e doses de N (Tabela 5). Observa-se que no plantio das águas a aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP e 40+55 DAP aumentou o peso médio das raízes sem diferir estatisticamente entre si (Tabela 5). Tsegaw; Hammes (2005) observaram que na batateira a aplicação de PBZ aumentou a massa fresca e uniformizou o tamanho dos tubérculos. Aumentos no peso médio com a utilização de reguladores do crescimento podem estar relacionados ao fato de que esses produtos principalmente do grupo dos triazóis aumentam a atividade da enzima invertase, envolvendo nesse processo a auxina e a cinetina (GOMATHINAYAGAM et al., 2007). A cinetina, por sua vez, atua principalmente na fase inicial de tuberização, com as auxinas intensificando o crescimento e desenvolvimento do órgão de reserva (ROMANOV et al., 2000; TEKALIGN; HAMMES, 2005, PANYAPRUEK et al., 2016). Contudo, no plantio da seca todos os tratamentos que receberam a aplicação de regulador de crescimento tiveram seus valores de peso médio reduzidos em comparação ao controle.

Em relação ao fornecimento de N, no plantio das águas o peso médio das raízes tuberosas aumentou em 34% até a dose de 194 kg ha⁻¹ N (Figura 5c). Outros estudos também demonstraram que a adubação mineral com N tem um efeito positivo no peso médio de raízes de armazenamento isso porque o N tende a aumentar a distribuição de MS na planta, assim, quando aplicado em quantidades adequadas pode contribuir com a translocação de MS em direção as raízes tuberosas (OKPARA et al., 2009; LEONARDO et al., 2014; DU et al., 2019).

Durante o plantio da seca o incremento das doses de N diminuiu linearmente o peso das raízes (Figura 5c). A máxima dose de N utilizada reduziu em 23% o peso médio das raízes em comparação com a ausência do fornecimento de N, o que indica que durante o plantio da seca a adubação nitrogenada foi excessiva (Figura

5c). Okpara et al. (2009) também verificaram que na batata-doce quando é fornecido N em excesso ocorre diminuição do peso médio das raízes.

Durante o plantio das águas a produtividade de raízes tuberosas de classes com pesos entre 80-150 g foi afetada apenas pelas doses de N, mas no plantio da seca ambos fatores influenciaram essa variável (Tabela 5). Na seca, a maior produtividade de raízes com peso entre 80-150 g foi obtida quando o regulador foi aplicado aos 40 DAP. Em relação ao N, verifica-se que no plantio das águas o incremento nas doses de N reduziu linearmente em até 17% a produtividade de raízes de 80-150 g (Figura 5d). No entanto, durante o plantio da seca houve aumento na produtividade dessa classe de raízes até a dose estimada de 89 kg ha⁻¹ N que resultou em uma produção de 1.374 kg ha⁻¹ de raízes com peso de 80-150 g (Figura 5d).

A produtividade de raízes com peso entre 151-250 g nos dois plantios foi influenciado pelos fatores regulador e doses de N isoladamente (Tabela 5). Durante o plantio das águas, todos os tratamentos que receberam aplicação de regulador de crescimento aumentaram em aproximadamente 16% a produtividade de raízes de 151-250 g em relação ao tratamento controle. Contudo, no plantio da seca a maior produtividade de raízes de 151-250 g ocorreu no tratamento com aplicação de regulador aos 40 DAP e a menor produtividade foi obtida no tratamento que recebeu a aplicação do regulador aos 55 DAP (Tabela 5). Em relação à adubação nitrogenada, nota-se que a produtividade de raízes de 151-250 g aumentou quadraticamente até as doses estimadas de 110 e 64 kg ha⁻¹ de N nos plantios das águas e da seca, respectivamente (Figura 5e).

Em ambos plantios, a produtividade de raízes com peso de 251-500 g foi afetada pelo regulador e pelas doses de N isoladamente (Tabela 5). Nas águas o maior valor de produtividade nessa classe de tamanho de raízes foi obtido quando o regulador de crescimento foi aplicado aos 40+55 DAP, mas no plantio da seca todas as aplicações de regulador diminuíram essa variável em relação ao tratamento controle (Tabela 5). A adubação nitrogenada no plantio das águas aumentou em 66% a produtividade de raízes de 251-500 g até a dose estimada de 134 kg ha⁻¹ de N (Figura 5f). Contudo, durante o plantio da seca, o incremento nas doses de N reduziu linearmente a produtividade dessa classe de tamanho de raízes tuberosas (Figura 5f).

A produtividade de raízes tuberosas com peso entre 501-800 g foi influenciada em ambos plantios pela aplicação de regulador e doses de N (Tabela 5). No plantio das águas, a produtividade dessa classe de raízes em todos os tratamentos que receberam aplicação de regulador de crescimento não diferiu, mas foi maior do que no tratamento controle. No plantio da seca, a aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP aumentou a produtividade de raízes de 501-800 g em relação aos demais tratamentos e as menores produtividades dessa classe de tamanho ocorreram no tratamento controle. Em relação ao N, verifica-se no plantio das águas a adubação nitrogenada aumentou linearmente em 74% a produtividade de raízes com 501-800 g (Figura 5g). Contudo, durante o plantio da seca, ocorreu o inverso, ou seja, a adubação nitrogenada reduziu linearmente a produtividade dessa classe de raízes (Figura 5g).

Em geral, em todas as classes de raízes tuberosas produzidas durante o plantio das águas a aplicação de regulador aos 40+55 DAP e aos 40 DAP no plantio da seca melhoraram a produção de raízes (Tabela 5). Em relação à aplicação de N verifica-se que no plantio das águas a produção de raízes foi superior ao plantio da seca. Além disso, no plantio da seca o incremento nas doses de N reduziu a produtividade de raízes das classes consideradas como adequadas para comercialização (Figura 5c, 5d, 5e e 5f).

Houve uma semelhança nos efeitos dos fatores principais para as produtividades total e comercial (Tabela 5). Em ambos plantios, a produtividade total e comercial da batata-doce foram influenciadas pelo regulador e doses de N de maneira isolada (Tabela 5). No plantio das águas, a maior produtividade total e comercial ocorreu quando o regulador de crescimento foi aplicado aos 40+55 DAP, contudo, na produtividade comercial essa aplicação não diferiu da realizada aos 40 DAP. No entanto, no plantio da seca, a aplicação de regulador aos 40 DAP aumentou as produtividades total e comercial de raízes em relação aos demais tratamentos (Tabela 5). Cabe ressaltar, que em ambos os plantios, os tratamentos que proporcionaram as maiores produtividades, foram os mesmos que elevaram a proporção de matéria seca direcionada para a formação e enchimento das raízes tuberosas (Tabela 4).

No plantio das águas a aplicação do regulador aos 40+55 DAP apesar de aumentar o acúmulo de MS na parte aérea (Tabela 4), verifica-se que este não foi excessivo, uma vez que provavelmente essa aplicação elevou o teor de clorofila e

carotenoides nas folhas, aumentou a assimilação de CO_2 e taxa fotossintética líquida, resultando numa maior produção de fotoassimilados na parte aérea que posteriormente foram transportados para as raízes tuberosas melhorando assim a produtividade de raízes de padrão comercial em 13% em comparação ao tratamento controle (Tabela 5). Contudo, as melhorias nas produtividades das raízes com a aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP em ambos os plantios, pode ser atribuída a antecipação no particionamento de fotoassimilados da parte aérea para as raízes tuberosas nesse tratamento (Tabela 2). De acordo com Somasundaram; Mithra (2008) o início da tuberização precoce, alta taxa de acúmulo de amido e um longo período de acúmulo de reservas nas raízes são atributos que aumentam a produtividade de raízes tuberosas.

Em relação ao fornecimento de N, verifica-se que no plantio das águas, a produtividade total e comercial de raízes tuberosas aumentou com o fornecimento da dose de 50 kg ha^{-1} N, as quais mantiveram-se estáveis nas demais doses de N utilizadas (Figuras 5h e 5i). A ausência no fornecimento de N reduziu a produtividade total e comercial em 16 e 19%, respectivamente (Figuras 5h e 5i). Verifica-se que neste estudo a recomendação de adubação de 50 kg ha^{-1} de N no plantio das águas é similar a quantidade extraída de N pela batata-doce nesse experimento (Figura 4g). Além disso, a dose está dentro da faixa recomendada pelos boletins técnicos de adubação nitrogenada para cultivo da batata-doce no Brasil, que estão entre 20 e 60 kg ha^{-1} de N, sendo metade da dose aplicada no plantio e o restante aplicado em cobertura (LORENZI et al., 1997; CASALI, 1999; SILVA et al., 2002).

Estes resultados são coerentes com a constatação de que o fornecimento de doses mais baixas de N são, em geral, mais eficientemente convertidas em rendimento de raiz do que o fornecimento de altas doses de N (GASTAL et al., 2015). No entanto, para alguns autores a maior produção de raízes tuberosas foi verificada com o fornecimento de doses de N acima de 100 kg ha^{-1} (OLIVEIRA et al., 2005; HARTEMINK et al., 2000). Sendo assim, é recomendado que antes de decidir a quantidade de N a ser fornecida no plantio, deve-se considerar as épocas de plantio “águas” ou “seca” e os teores de matéria orgânica e N já presentes no solo, visto que no presente estudo, no plantio das águas, os solos de cultivo tinham em média 1,6% de matéria orgânica (Tabela 1).

Durante o plantio da seca o incremento nas doses de N reduziram linearmente a produtividade total e comercial de raízes (Figura 5h e 5i). Observa-se que o

fornecimento de doses excessivas de N comprometem à formação e desenvolvimento das raízes em função da elevada produção de massa verde e formação de raízes adventícias em detrimento do desenvolvimento de raízes tuberosas de padrão comercial (OLIVEIRA et al., 2006). Além disso, durante a seca a produtividade de raízes na batata-doce foi ainda mais agravada em decorrência da redução da população de plantas (Figura 5a) e o peso médio de raízes (Figura 5c), interferindo assim negativamente nas quantidades de raízes tuberosas colhidas.

A produtividade não comercial durante o plantio das águas foi influenciada apenas pelo fator regulador (Tabela 5). Entretanto, durante o plantio da seca essa variável foi afetada isoladamente por ambos os fatores estudados. No plantio das águas a produtividade de raízes não comercializáveis foi maior com a aplicação de regulador aos 40+55 DAP, mas no plantio da seca esse tratamento de regulador diminuiu a produção de raízes não comerciais, o que é um comportamento interessante (Tabela 5). No geral, esse aumento da produtividade não comercial está muito mais relacionado com a capacidade desses tratamentos em produzirem uma maior ou uma menor quantidade de raízes tuberosas por hectare. O mesmo aconteceu com o fornecimento de N na seca, sendo que a produtividade não comercial reduziu linearmente com o incremento das doses de N (Figura 5j). O aumento das doses de N provoca redução na quantidade total de raízes tuberosas produzidas, assim a quantidade de raízes de padrão não comercial também diminui.

As diferenças encontradas nesse estudo em relação ao fornecimento de N e as duas épocas de plantio, ressaltam a importância de se aprimorar os estudos sobre as interações que englobam o manejo do N, como por exemplo, as épocas de plantio das “águas ou das secas” (MARTÍ; MILLS, 2002). Em geral, no plantio das águas o fornecimento de 50 kg ha⁻¹ de N aumentou a produtividade de raízes (Figura 5h e 5i) e ajustou os teores de N foliar de acordo com a faixa de 33-45 g kg⁻¹ proposta por Lorenzi et al. (1997) (Figura 2). Contudo, o aumento nas doses de N reduziu a produtividade de raízes no plantio da seca, uma vez que, os teores de N nas folhas (Figura 2) na ausência de adubação nitrogenada já estavam dentro do que é recomendado para a cultura e que o incremento da adubação com N causou excesso desse nutriente prejudicando o desenvolvimento e a produtividade da cultura, nesse caso, nas condições em que o experimento da época da seca foi realizado a adubação com N pode ser dispensada.

4.5 Teores de MS, amido, açúcares redutores, açúcares totais, carboidratos, proteína bruta, fibras totais e cinzas nas raízes tuberosas

Os teores de MS e carboidratos das raízes tuberosas das plantas cultivadas nas duas épocas de plantio não foram influenciados por nenhum dos fatores estudados e foram em média de 24 e 25% de MS e 22,2 e 19,3% de carboidratos nos plantios das águas e seca, respectivamente (Tabela 6).

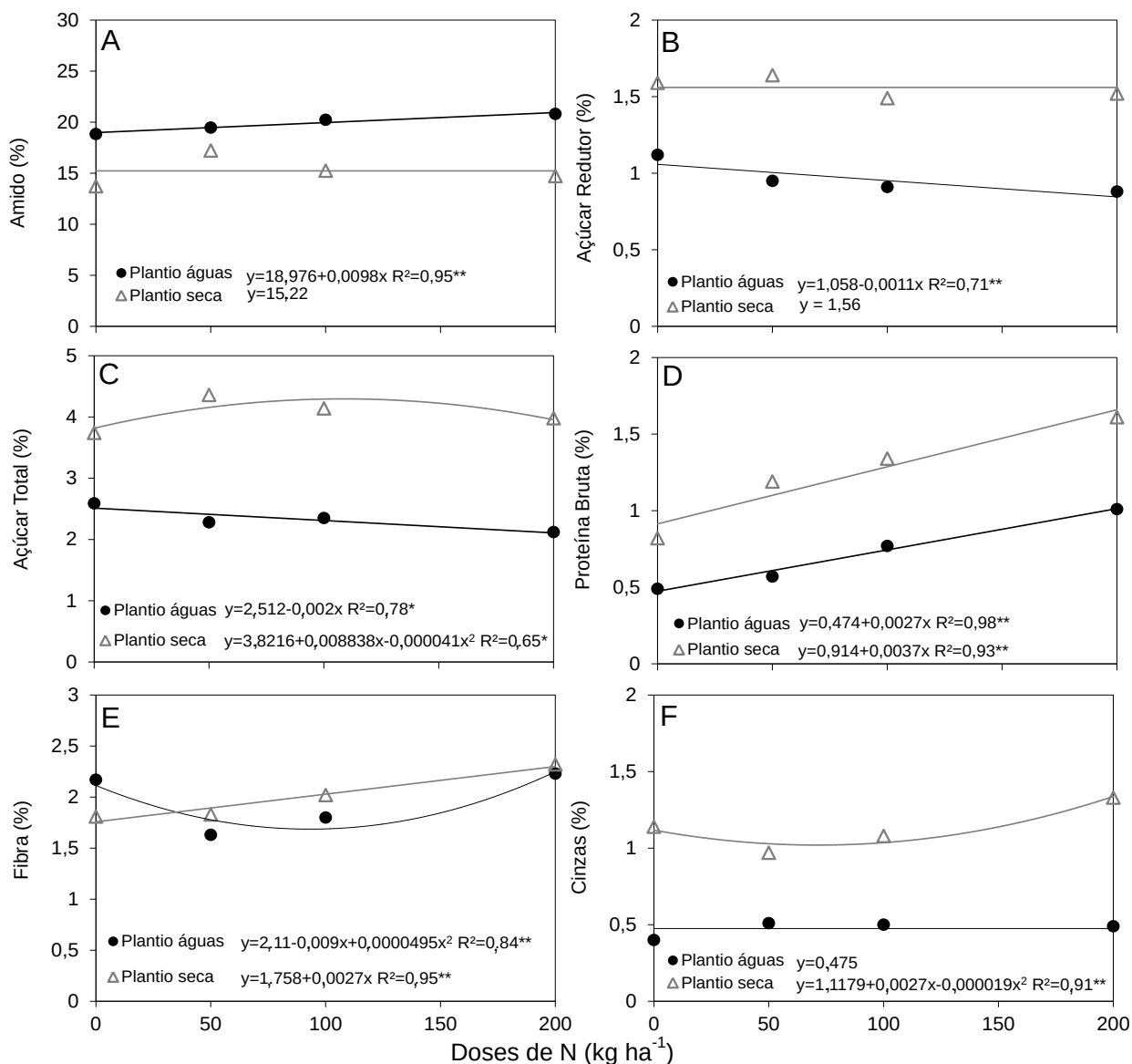
O teor de amido nas raízes tuberosas no plantio das águas foi influenciado apenas pelas doses de N, mas no plantio da seca essa variável não foi afetada por nenhum dos fatores estudados e foi em média de 15,2% (Tabela 6). SILVA (2019) constatou que o uso de PBZ na cultura da mandioca também não alterou o teor de amido nas raízes tuberosas. Contudo, neste estudo durante o plantio das águas o acúmulo de amido na raiz aumentou linearmente com as doses de N (Figura 6a), uma vez que, os teores de amido nas raízes podem variar em função da adubação (SILVA et al., 2002) e na batata é comprovado que incrementos nas doses de N aumentam o teor de amido nos tubérculos (EL-GALIL, 2006). Isso ocorre porque o fornecimento de N aumenta a taxa fotossintética das plantas e considerando que o amido é um produto da fotossíntese, o aumento na taxa fotossintética das plantas resulta em maior acúmulo de amido nas raízes. Portanto, se o crescimento da planta decorrente do fornecimento de N não for excessivo, ocorre maior transporte de fotoassimilados para as raízes aumentando assim o acúmulo de amido e a qualidade das raízes tuberosas (TEKALIGN; HAMMES, 2005). Considerando que o amido é uma das principais fontes de carboidratos na alimentação humana aumentos em sua concentração são altamente desejáveis (CARDOSO et al., 2017).

Tabela 6 - Teores de matéria seca (MS), amido, açúcar redutor, açúcar total, proteína bruta, fibra total e cinza nas raízes tuberosas da batata-doce cultivada em duas épocas de plantio, em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Média de dois plantios (2017/18 e 2018/19).

Variáveis ⁽²⁾	Método de aplicação do regulador ⁽¹⁾				ANOVA (P>F)		
	Controle	R-40	R-55	40+55	Reg (R)	Doses (N)	R x N
Plantio das águas							
MS raiz tuberosa (%)	23,9	24,2	23,8	23,8	ns	ns	ns
Amido (%)	19,13	19,59	20,31	20,32	ns	0,015	ns
Açúcar redutor (%)	1,05a	1,01ab	0,93bc	0,88c	0,0041	<0,001	ns
Açúcar total (%)	2,70a	2,55a	2,10b	2,00b	<0,001	0,04	ns
Carboidratos (%)	21,8	22,14	22,41	22,32	ns	ns	ns
Proteína Bruta (%)	0,74	0,77	0,69	0,64	ns	<0,001	ns
Fibra Total (%)	2,25ab	2,59a	1,80bc	1,19c	<0,001	0,050	ns
Cinza (%)	0,45b	0,59a	0,43b	0,43b	0,009	ns	ns
Plantio da seca							
MS raiz tuberosa (%)	24,0	24,9	25,7	26,4	ns	ns	ns
Amido (%)	15,29	14,86	15,63	15,13	ns	ns	ns
Açúcar redutor (%)	1,41b	1,48b	1,65a	1,70a	<0,001	ns	ns
Açúcar total (%)	3,86b	3,58b	4,30a	4,47a	<0,001	0,01	ns
Carboidratos (%)	19,16	18,45	19,93	19,61	ns	ns	ns
Proteína Bruta (%)	1,21	1,28	1,17	1,28	ns	0,007	ns
Fibra Total (%)	1,99b	2,10ab	2,29a	1,60c	<0,001	<0,001	ns
Cinza (%)	1,08	1,09	1,15	1,20	ns	<0,001	ns

Valores seguidos pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de LSD ($P \leq 0,05$). ns: não significativo. (1) Controle = sem aplicação de regulador de crescimento; R-40= aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP; R-55= aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP; 40+55= aplicação de regulador de crescimento aos 40 e 55 DAP. (2) Valores expressos em porcentagem de matéria fresca.

Figura 6 - Teor de amido na raiz (a), açúcar redutor (b), açúcar total (c), proteína bruta (d), fibra total (e) e cinza (f) de raízes de batata-doce cultivadas em duas épocas de plantio, em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.



No plantio da seca, apesar de nenhum dos fatores estudados terem interferido no teor de amido das raízes, constata-se que um acúmulo excessivo de MS na parte aérea foi verificado com a dose estimada de 90 kg ha^{-1} de N (Figura 4a), o que provavelmente diminuiu a translocação de fotoassimilados para as raízes tuberosas e consequentemente resultou num menor acúmulo de amido nas raízes tuberosas (Figura 6a). Apesar disso, o teor médio de amido acumulado nas raízes das plantas durante o plantio da seca foi de 15,22% (Tabela 6), valor este, dentro da faixa definida para a espécie que é de 13,4% (CEREDA et al., 2001).

No plantio das águas, os teores de açúcares redutores foram influenciados por ambos fatores isoladamente, mas no plantio da seca essa variável foi afetada apenas pelo regulador de crescimento (Tabela 6). Durante o plantio das águas, os teores de açúcares redutores nos tratamentos controle e com aplicação de regulador aos 40 DAP foram semelhantes e 14% maiores do que nos outros tratamentos. Contudo, no plantio da seca os teores de açúcares redutores nos tratamentos com aplicação do regulador aos 55 e 40+55 DAP foram em média 16% maiores do que nos demais tratamentos (Tabela 6).

Segundo Leonel; Cereda (2002), os elevados teores destes açúcares tornam a matéria-prima utilizável não somente para a extração do amido, mas também para a produção de hidrolisados e fermentados. Isso ocorre porque a presença de glicose acentua o sabor da batata-doce, favorecendo suas características de mesa e de processamento. No entanto, quando as raízes tuberosas são processadas na forma de chips pela indústria o aumento dos teores de açúcares redutores não são interessantes, pois podem causar coloração escura no produto final assim como constatado por Fernandes et al. (2015) no processamento de chips de batata. Em geral, verifica-se que com as aplicações de regulador de crescimento os teores de açúcares redutores durante o plantio das águas e da seca variaram de 0,88 a 1,05% e 1,41 a 1,70%, respectivamente (Tabela 6). Ukpabi et al. (1987), analisando raízes de batata-doce de diferentes cultivares, observaram teores de açúcares redutores variando de 0,6 a 1,8%, ou seja, os valores próximos aos encontrados em nossos estudos.

No plantio das águas, verifica-se que o incremento das doses de N diminuiu linearmente o teor de açúcar redutor na raiz (Figura 6b). Apesar das doses de N não apresentarem efeito significativo no plantio da seca, uma maior quantidade de açúcares redutores foi produzida, contudo quando comparada ao plantio das águas a conversão desses açúcares em amido nas raízes foi reduzida pelas condições climáticas desfavoráveis de baixa pluviosidade e temperatura (Figura 6a).

Nos dois plantios, os teores de açúcares totais foram influenciados pelos fatores regulador e dose de N (Tabela 6). No plantio das águas, quando o regulador não foi aplicado ou a aplicação ocorreu aos 40 DAP, os teores de açúcares totais nas raízes foram maiores. Já no plantio da seca, as plantas que foram tratadas com regulador aos 55 e 40+55 DAP apresentaram raízes com teores de açúcares totais superiores aos dos outros tratamentos. O incremento nas doses de N no plantio das águas

reduziu linearmente os teores de açúcares totais nas raízes, mas no plantio da seca, o N aumentou em 4,28% os teores de açúcares totais das raízes até a dose estimada de 107 kg ha⁻¹ de N (Figura 6c).

Os teores de proteína bruta das raízes tuberosas do plantio das águas e da seca foram afetadas apenas pelas doses de N, e o incremento nas doses de N aumentou linearmente essa variável em 113 e 80%, respectivamente (Tabela 6 e Figura 6d). Outros autores também observaram aumentos lineares no teor de proteína bruta das raízes de batata-doce em resposta a adubação nitrogenada com incrementos de 31 a 160% nessa variável (PHILLIPS et al., 2005; SANTOS NETO et al., 2017). Portanto, a adubação nitrogenada pode ser usada como um método alternativo para aumentar o teor de proteínas nas raízes tuberosas de batata-doce, sendo esta uma característica de suma importância para produção e consumo em larga escala de alimentos nutritivos capazes de promover benefícios à dieta humana pela ingestão de proteínas de alto valor biológico que pode ser integrada em programas de melhoramento de plantas (FONTES et al., 2010).

Nos dois experimentos, o teor total de fibras foi afetado por ambos fatores estudados (Tabela 6). No plantio das águas, o tratamento controle e a aplicação de regulador aos 40 DAP apresentaram teores de fibras similares e maiores do que o tratamento com duas aplicações de regulador de crescimento (40+55 DAP). Contudo, no plantio da seca, os teores de fibras das raízes foram semelhantes entre os tratamentos com aplicação de regulador aos 40 e 55 DAP, sendo que apenas o tratamento que recebeu regulador aos 55 DAP apresentou teor de fibra total nas raízes maior do que os tratamentos controle e 40+55 DAP (Tabela 6). Em relação ao fornecimento de N, no plantio das águas os teores de fibras das raízes diminuíram até a dose estimada de 91 kg ha⁻¹ de N (Figura 6e). No entanto, no plantio da seca, a adubação nitrogenada aumentou essa variável linearmente (Figura 6e). Verifica-se que os teores de fibras totais também são atributos importantes a serem considerados principalmente quando as raízes tuberosas são destinadas ao mercado *in natura*, por assegurar uma dieta rica em fibras que no organismo humano é responsável pelo bom funcionamento do intestino (SILVA, 1990).

O teor de cinza foi afetado apenas pela aplicação de regulador no plantio das águas, mas no plantio da seca, essa variável foi influenciada pelas doses de N (Tabela 6). Verifica-se que no plantio das águas, os teores de cinzas variaram entre 0,43 e 0,59% e quando o regulador foi aplicado aos 40 DAP esta variável aumentou

em 37% em relação aos demais tratamentos, sendo esses incrementos interessantes visto que os teores de cinzas expressam a quantidade de minerais presentes no alimento. Em relação ao fornecimento de N, no plantio da seca a adubação nitrogenada reduziu os teores de cinzas das raízes até os 71 kg ha⁻¹ de N, mas nas doses acima desta os teores de cinzas das raízes aumentaram até atingir o valor máximo de 1,21% (Figura 6f). Estes resultados foram semelhantes aos observados por outros autores que estudando variedades de batata-doce diferentes da utilizada no presente estudo obtiveram valores de teores de cinzas nas raízes variando entre 0,59 e 1,29 % (ARAÚJO et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2015).

4.6 Teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas raízes tuberosas

No plantio das águas, o teor de P nas raízes foi influenciado apenas pela aplicação de regulador e no plantio da seca pelos fatores isolados (Tabela 7). No plantio das águas, a aplicação de regulador aos 40 DAP aumentou em média 9% os teores de P comparado aos tratamentos controle e 40+55 DAP, mas não diferiu estatisticamente do tratamento em que o regulador de crescimento foi aplicado aos 55 DAP. No entanto, durante o plantio da seca, a aplicação do regulador aos 40 DAP reduziu o teor de P nas raízes em 17% em relação aos tratamentos que receberam aplicação mais tardia do regulador (55 DAP e 40+55 DAP) (Tabela 7).

O fornecimento de N aumentou linearmente os teores de P nas raízes tuberosas no plantio da seca (Figura 7a), indicando que a interação positiva entre N e P promoveu a absorção e o acúmulo de P nas raízes tuberosas. Isso ocorre porque o N pode estimular o crescimento de raízes absorventes, aumentando assim a capacidade das raízes de absorver e translocar o P (FAGERIA, 2000). Por outro lado, Fernandes et al. (2020) verificou que o incremento da dose de fertilizante nitrogenado em até 200 kg ha⁻¹ reduziu linearmente os teores de P presentes nas raízes tuberosas da batata-doce.

Tabela 7 - Teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn nas raízes tuberosas de batata-doce em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. Média de dois plantios (2017/18 e 2018/19).

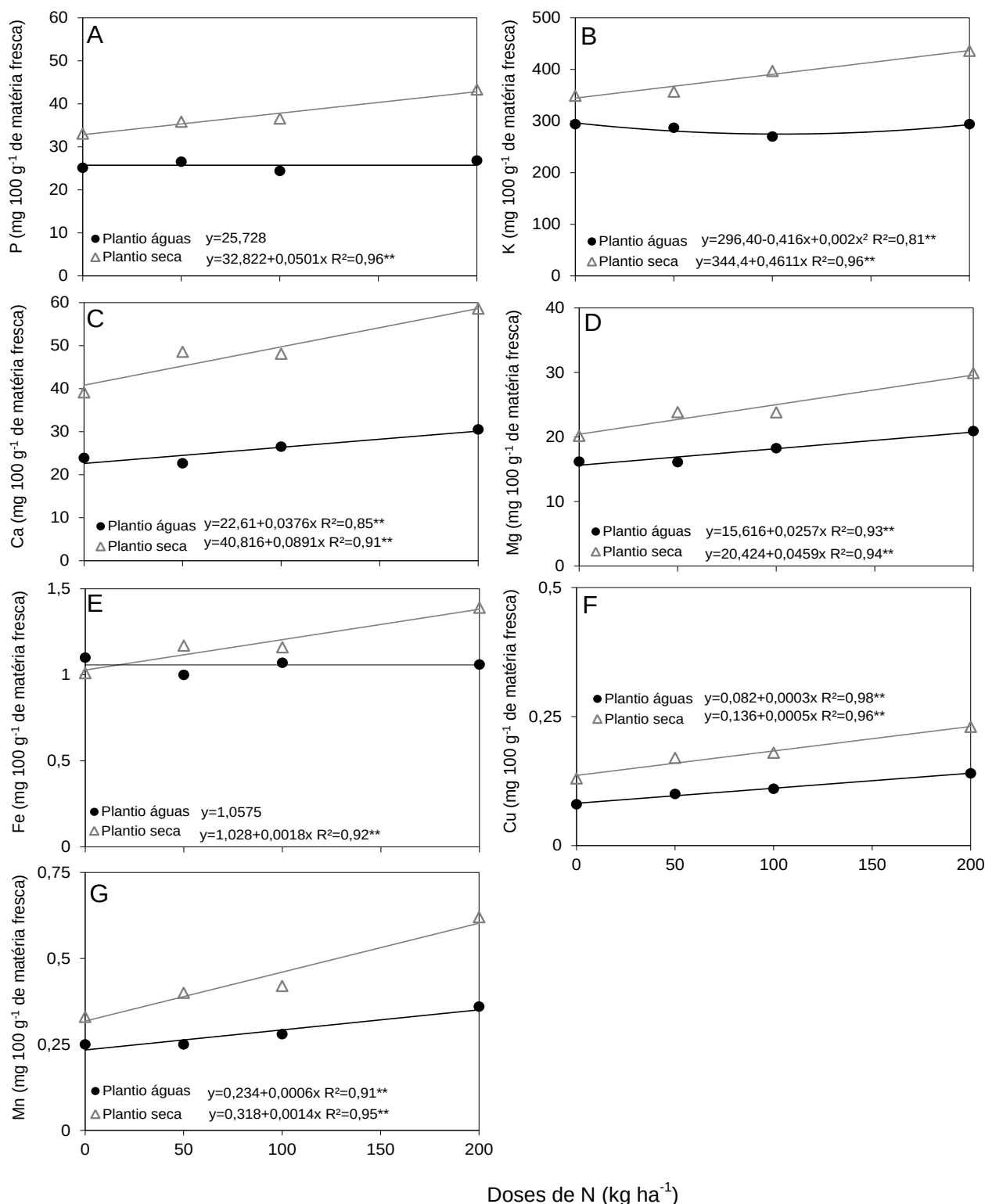
Variáveis ⁽²⁾	Método de aplicação do regulador ⁽¹⁾				ANOVA (P>F)		
	Controle	R-40	R-55	40+55	Reg (R)	Doses (N)	R x N
Plantio das águas							
	(mg 100 g ⁻¹ de matéria fresca)						
P	24,6b	27,1a	26,3ab	25,0b	0,031	ns	ns
K	278,3b	309,5a	275,7b	283,6b	0,003	0,05	ns
Ca	25,1	27,7	26,5	24,2	ns	<0,001	ns
Mg	17,1b	18,7a	18,3ab	17,3b	0,04	<0,001	ns
Fe	0,94c	1,15a	1,04b	1,09ab	<0,001	ns	ns
Cu	0,11	0,11	0,11	0,11	ns	<0,001	ns
Zn	3,9a	4,0a	3,7ab	3,5b	0,001	ns	ns
Mn	0,29	0,29	0,28	0,28	ns	<0,001	ns
Plantio da seca							
P	36,2ab	33,0b	39,8a	39,8a	0,05	<0,001	ns
K	351,0c	356,1c	391,2b	441,1a	0,05	0,023	ns
Ca	55,9a	39,4b	48,1a	50,9a	<0,001	<0,001	ns
Mg	22,4	22,4	26,9	26,0	ns	0,004	ns
Fe	1,24a	1,04c	1,27a	1,17b	0,005	0,003	ns
Cu	0,17	0,18	0,19	0,18	ns	<0,001	ns
Zn	5,7a	3,4c	4,8b	5,1ab	<0,001	ns	ns
Mn	0,43b	0,40b	0,43b	0,50a	0,05	<0,001	ns

Valores seguidos pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de LSD ($P \leq 0,05$). ns: não significativo. (1) Controle = sem aplicação de regulador de crescimento; R-40= aplicação de regulador de crescimento aos 40 DAP; R-55= aplicação de regulador de crescimento aos 55 DAP; 40+55= aplicação de regulador de crescimento aos 40 e 55 DAP.

Os fatores regulador de crescimento e doses de N afetaram isoladamente o teor de K nas raízes em ambos plantios (Tabela 7). No plantio das águas a aplicação de regulador aos 40 DAP e no plantio da seca a aplicação de regulador aos 40+55 DAP elevou os teores de K nas raízes (Tabela 7). Com relação ao efeito do N, verifica-se que no plantio das águas a adubação nitrogenada reduziu o teor de K das raízes tuberosas de forma quadrática até a dose de 104 kg ha⁻¹ de N (Figura 7b). Já no plantio da seca, o incremento das doses de N aumentou linearmente o teor de K na raiz (Figura 7b), uma vez que a absorção de N pode favorecer a absorção de K devido à uma interação sinérgica que ocorre entre esses dois nutrientes (RIETRA et al., 2015). Baligar et al. (2001) observaram o efeito sinérgico do N e K nos tecidos vegetais, apontando que um menor fornecimento de N resulta em baixo teor de K nas plantas. De acordo com Foloni et al. (2013) o maior incremento de produtividade na batata-doce foi alcançado quando realizada a adubação de cobertura com 100 kg

ha⁻¹ de N combinada com mais 120 kg ha⁻¹ de K₂O. No entanto, neste estudo verificou-se interação positiva do N com o K no incremento dos teores de K das raízes apenas no plantio das secas.

Figura 7 - Teores de P (a), K (b), Ca (c), Mg (d), Fe (e), Cu (f) e Mn (g) nas raízes tuberosas de batata-doce em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação de regulador de crescimento. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.



O teor de Ca na raiz tuberosa foi afetado pelas doses de N no plantio das águas, mas no plantio da seca essa variável foi influenciada isoladamente pelos fatores regulador e doses de N (Tabela 7). No plantio da seca, o tratamento que recebeu aplicação de regulador aos 40 DAP produziu raízes tuberosas com teor de Ca inferior ao dos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si (Tabela 7).

No plantio das águas e da seca os teores de Ca aumentaram em 32 e 44% com o incremento nas doses de N, respectivamente (Figura 7c), sendo que os teores de Ca encontrados nas raízes de ambos plantios foram superiores ao teor médio de 17 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca, descrito pela UNICAMP (2011). Em geral, verifica-se que ao utilizar reguladores de crescimento no plantio da seca e N em ambos plantios, o teor de Ca nas raízes aumentou, portanto esses aumentos são essenciais para a nutrição humana, principalmente porque as raízes tuberosas de batata-doce enriquecidas com quantidades significativas de Ca podem ajudar a prevenir e tratar doenças ósseas (BUZINARO et al., 2006).

Houve efeito isolado dos fatores estudados em relação ao teor de Mg das raízes tuberosas no plantio das águas, já no plantio da seca somente as doses de N afetaram essa variável (Tabela 7). No plantio das águas, a aplicação de regulador aos 40 DAP aumentou em média 9% o teor de Mg nas raízes em comparação aos tratamentos controle e 40+55 DAP, mas não se diferiu estatisticamente da aplicação de regulador realizada aos 55 DAP. Nos dois plantios, a adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de Mg nas raízes tuberosas (Figura 7d). De maneira geral, os teores de Mg verificados em todos os tratamentos de ambos plantios foi superior ao teor médio de 11 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca de raiz tuberosa *in natura* descrito pela UNICAMP (2011).

Quanto ao teor de Fe nas raízes, houve efeito apenas do regulador de crescimento no plantio das águas; contudo, no plantio da seca, ambos fatores influenciaram essa variável (Tabela 7). No plantio das águas, foi constatado que o teor de Fe no tratamento que recebeu regulador aos 40 DAP foi maior do que nos tratamentos controle e com aplicação de regulador aos 55 DAP. Porém, no plantio da seca, os tratamentos controle e com aplicação de regulador aos 55 DAP apresentaram teores similares de Fe nas raízes, mas maiores do que nos outros tratamentos (Tabela 7). Em relação ao N, no plantio da seca a adubação nitrogenada aumentou linearmente em 31% os teores de Fe das raízes tuberosas, o que é uma característica nutricionalmente interessante (Figura 7e). Apesar das

raízes tuberosas de batata-doce serem consideradas alimentos com concentrações moderadas de Fe, aumentos nos teores desse micronutriente verificados com a aplicação dos reguladores de crescimento e do fornecimento de N tornam a batata-doce ainda mais potencialmente utilizável como fonte alimentar, principalmente em países subdesenvolvidos onde geralmente é constatado índices significativos de casos de anemia na população.

Os teores de Cu nas raízes das plantas de ambos plantios foram influenciados apenas pelas doses de N (Tabela 7), e a adubação nitrogenada aumentou linearmente em aproximadamente 70% os teores de Cu das raízes de ambos plantios (Figura 7f). Já os teores de Zn nos dois plantios foram afetados apenas pela aplicação de regulador de crescimento (Tabela 7). No plantio das águas o teor de Zn das raízes do tratamento com aplicação de regulador aos 40+55 DAP foi menor do que nos tratamentos controle e com aplicação de PBZ aos 40 DAP. No plantio das secas, a aplicação de regulador aos 40 DAP ou 55 DAP reduziu os teores de Zn das raízes em comparação ao controle. No entanto, os teores de Zn das raízes do tratamento que recebeu o regulador aos 55 DAP não diferiu do tratamento em que o regulador foi aplicado duas vezes (40+55 DAP) (Tabela 7).

No plantio das águas o teor de Mn na raiz foi influenciado apenas pelas doses de N, mas no plantio da seca ambos fatores afetaram essa variável (Tabela 7). Verifica-se que no plantio da seca a aplicação de regulador de crescimento aos 40+55 DAP, aumentou os teores de Mn nas raízes tuberosas (Tabela 7). Além disso, a adubação nitrogenada aumentou linearmente os teores de Mn das raízes tuberosas nos dois plantios (Figura 7g).

De maneira geral, verificou-se neste experimento que no plantio das águas e da seca a aplicação de regulador aos 40 DAP e 40+55 DAP, respectivamente aumentou os teores de nutrientes nas raízes tuberosas (Tabela 7). Além da aplicação dos reguladores, também foi observado que em ambos plantios o fornecimento de doses crescentes de N aumentou linearmente os teores de nutrientes nas raízes (Figura 7), com exceção do teor de K no plantio das águas que teve uma leve redução até a dose de 104 kg ha^{-1} de N (Figura 7b). Contudo, os teores de nutrientes observados nas raízes tuberosas do plantio da seca foram, em geral, superiores aos verificados no plantio das águas (Figura 7).

Em virtude das quantidades de minerais já presentes nas raízes tuberosas da batata-doce, e como observado neste estudo, alguns desses nutrientes ainda podem

ser incrementados em função do ajuste da aplicação do regulador de crescimento e do manejo no fornecimento de doses de N. Assim, considerando a crescente produção mundial, a batata-doce apresenta potencial para ser incluída em programas de biofortificação que podem ajudar a reduzir à carência de nutrientes dos alimentos e assim, diminuir o número de casos de desnutrição infantil no Brasil.

5 CONCLUSÕES

No plantio das águas, as aplicações de regulador de crescimento aos 40 DAP e a aplicação combinada aos 40 e 55 DAP tiveram pouco efeito sobre o comprimento das ramas de batata-doce, mas aumentaram as produtividades total e comercial. Em geral, as características físico-químicas e nutricionais das raízes tuberosas apresentaram valores maiores com a aplicação de regulador aos 40 DAP. No plantio da seca, as aplicações de reguladores de crescimento aumentaram o número de ramas secundárias e o desenvolvimento vegetativo das plantas; porém, com apenas uma aplicação de regulador aos 40 DAP houve melhorias na produtividade comercial.

O fornecimento de 50 kg ha⁻¹ de N durante o plantio das águas aumentou a produtividade da cultura sem ocasionar em um crescimento excessivo da parte aérea. No plantio das secas, a adubação nitrogenada reduziu a produtividade de raízes, mas melhorou algumas características físico-químicas e nutricionais das raízes. Na estação seca a adubação nitrogenada pode ser dispensada porque a redução que o N causa na produtividade inviabiliza as melhorias nas qualidades físico-químicas e nutricionais das raízes.

A aplicação combinada de N e regulador de crescimento não apresentou um efeito marcante sobre a redução do crescimento vegetativo das plantas e a padronização do tamanho das raízes tuberosas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, K. A.; RAMALHOB, H. M. M.; SOUZA, M. N. F.; RIBEIRO, C. D. S.; BATISTAE, D.; MACIEL, M. A. M. Propriedades químicas e efeito do processamento térmico nas variedades de batata doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] comercializadas em Natal/RN. **Revista da Saúde e Biotecnologia**. v. 1, 2018.
- AHN ,Y. O.; SUN, H. K.; KIM, C. Y.; LEE, J. S. Exogenous sucrose utilization and starch biosynthesis among sweetpotato cultivars. **Carbohydrate Research**, v. 345, p.55–60, 2010.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L, S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos socioeconomicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas-BA:Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817p.
- ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. N. P.; CARDOSO, E. A.; MATOS, B. F. Manejo da adubação nitrogenada para batata-doce: fontes e parcelamento de aplicação. **Ciência Agrotécnica**, v .33, p.1554-1559, 2009.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18 ed. Gaithersburg, Current through Revision 2007.
- BALIGAR V. C.; FAGERIA N. K.; HE Z. L. Nutrient Use Efficiency In Plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n.32, v.7-8, p. 921-950. 2001.
- BARÁNYIOVÁ, I.; KLEM, K. Effect of application of growth regulators on the physiological and yield parameters of winter wheat under water déficit. **Plant, Soil and Environment**, v. 62, p.114-120, 2016.
- BASSI, D.; MENOSSI, M.; MATTIELLO, L. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. **Nature-Scientific Reports** , v.8, 2018.
- BOURKE, R. M. Influence of nitrogen and potassium fertilizer on growth of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in Papua New Guinea. **Field Crops Research**. v.12, p.363-375, 1985.
- BRITO, C. H.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELES, C. S. M.; SANTOS, J. F.; NÓBREGA, J. P. R. Produtividade da batata-doce em função de doses de K₂O em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.320-323, 2006.
- BUZINARO, E. F .; ALMEIDA, R. N.A.; MAZETO, G. M. F. S. Biodisponibilidade do cálcio dietético. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 50, n. 5, p. 852-861, 2006.
- CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; DUTRA, F. V.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. S. Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 40, p. 567-575, 2017.

CARDOSO, A.D.; VIANA, A.E.S.; RAMOS, P.A.S.; MATSUMOTO, S.N.; AMARAL, C.L.F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O.M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.911-914, 2005.

CASALI, V. W. **Batata-doce**. IN: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H (eds.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5ª Aproximação. CFSEMG: Viçosa.1999. 180p.

CECÍLIO FILHO, A. B.; NASCIMENTO, S.; SILVA, A. S.; VARGAS, P. F. Agronomic performance of sweet potato with different potassium fertilization rates. **Horticultura Brasileira**. v. 34, n. 4, p.588-59, 2016.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo, Fundação Cargill. Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino-americanas. v. 1, 2001, 221 p.

CHEN, X. G.; DING, Y. F.; TANG, Z. H.; WEI, M.; SHI, X. M.; ZHANG, A. J.; LI, H. M. Suitable nitrogen rate for storage root yield and quality of sweet potato. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, v. 21p. 979–986, 2015.

CHEN, X.G., LI, H.M., ZHANG, A.J., SHI, X.M., TANG, Z.H., WEI, M., SHI, C.Y. Effect of paclobutrazol under different N-application rates on photosynthesis and starch accumulation in edible sweetpotato. in Chinese with English abstract. **Acta Agronomica Sinica**, v. 38, p. 1728–1733, 2012.

CIP, INTERNATIONAL POTATO CENTER. **Facts and figures about sweetpotato**. 2010. Disponível em: <https://cipotato.org/crops/sweetpotato/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2020.

COHAN, J. P.; HANNON, C.; HOUILLIEZ, B.; GRAVOUEILLE, J. M.; GEILLE, A.; LAMPAERT, E.; LAURENT, F. Effects of potato cultivar on the components of nitrogen use efficiency. **Potato Research**, v. 61, p. 231-246, 2018.

COTHREN, J. T.; OOSTERHUIS, D. M. **Use of growth regulators in cotton production**. In: Physiology of Cotton. Springer Science+Business Media B.V. p. 289-303. 2010.

DAVIS, T. D.; CURRY, E. A.; STEFFENS, G. L. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.10, p. 151-188, 1991.

DU, X.; KONG, L.; XI, M.; ZHANG, X.; Xinyue Zhang. Split application improving sweetpotato yield by enhancing photosynthetic and sink capacity under reduced nitrogen condition. **Field Crops Research**, v. 238, p. 56–63, 2019.

ECHER, F. R. **Nutrição e adubação da batata-doce**. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, 2015. 94p

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 27, p.176-182, 2009.

EDMOND, J.B.; AMMERMAN, G.R. **Sweet Potatoes – Production Processing. Marketing**. The air Publishing Company, INC, 1971. 58 p.

EL-GALIL, A.A. Fertilizer-N dynamics in the soil and yield response of potatoes as affected by methods of Napplication. **Journal of Applied Sciences Research**, v.2, n.9, p.613-623, 2006.

ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; FREITAS, C. P. O.; ANDRIOLO, J. L. Tuberização e produtividade de batata-doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p.396-402, 2013.

FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais**. São Paulo: Andrei, 2015. 300p.

FAGERIA, N. K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 10, p. 2115-2120, 2000.

FAOSTAT – **Food and agriculture organization of the United Nations**. FAOSTAT: Production Crops. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 19/05/2019.

FERNANDES, A. M.; ASSUNÇÃO, N. S.; RIBEIRO, N. P.; GAZOLA, B.; SILVA, R. M. Nutrient uptake and removal by sweet potato fertilized with green manure and nitrogen on sandy soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, p. 1-25, 2020.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; MORENO, L. A.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p.102-109, 2015.

FERNANDES, A. M.; CAMPOS, L. G.; SENNA, M. S.; SILVA, C. L.; ASSUNÇÃO, N. S. Yield and Nitrogen Use Efficiency of Sweet Potato in Response to Cover Crop and Nitrogen Management. **Agronomy Journal**, v. 110, n.5, p. 2004-2015, 2018.

FERREIRA, D. F. SISVAR- Programa estatístico. **Versão**, v.4, p.109-141, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008, 421p.

FOLONI, J.S.S.; CORTE, A.J.; CORTE, J.R.N.; ECHER, F.R.; TIRITAN C.S. Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Semina Ciencias Agrarias**. v.34, p.117–126, 2013.

FLETCHER, R. A.; ARNOLD, V. Stimulation of cytokinins and chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by triadimefon. **Physiologia Plantarum**, v. 66, p.197-201, 1986.

FLETCHER, R. A.; GILLEY, A.; SANKHLA, N.; DAVIS, T. M. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews**, v.24, p.56–138, 2000.

FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Economic optimum nitrogen fertilization rates and nitrogen fertilization rate effects on tuber characteristics of potato cultivars. **Potato Research**. v.53,p. 167-179, 2010.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G.; DURAND, J. L.; LOUARN, G. Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. **Crop Physiology**, 161–206, 2015.

GOMATHINAYAGAM, M.; ABDUL JALEEL, C.; LAKSHMANAN, G. M. A.; PANNEERSELVAM, R. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. **Comptes Rendus Biologies**, v. 330, p. 644-655, 2007.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; GONÇALVES, R. J. S.; SILVA, V. F.; LASMAR, A. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, p.1513-1520, 2011.

GROSSMANN, K. Plant growth retardants: Their mode of action and benefit for physiological research. In: KARSSSEN, C.M.; VAN LOON, L.C.; VREUGDENHIL, D. (eds) **Plant Growth Regulations**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 788–797, 1992.

HARTEMINK, A. E.; JOHNSTON, M.; O’SULLIVAN, J. N.; POLOMA, S. Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 79, p. 271–280, 2000.

HEDDEN, P.; PHILLIPS, A. L. Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes. **Trends Plant Science**. v. 5, p. 523-530, 2000.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR, G. W. Official methods of analysis of the **Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Gaythersburg: AOAC International, 2005.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acessado em: em 04 de fevereiro de 2020.

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Estatísticas de produção da agropecuária Paulista**. Disponível em:<http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_>. Acesso em: 30/05/2017.

IZUMI, K.; NAKAGAWA, S.; KOBAYASHI, M.; OSHIO, H.; SAKURAI, A; TAKAHASHI, N. Levels of IAA, cytokinins, ABA and ethylene in rice plants as affected by GA biosynthesis inhibitor, uniconazole-P. **Plant and Cell Physiology**, v.29, p.97–104, 1988.

KAYS, S.T. The physiology of yield in the sweet potato. In: BOUWKAMP, J.C. (eds.). **Sweet potato products: a natural resource for the tropics**. Boca Raton: CRC Press, Inc. p.79-132. 1985.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004, 531p.

LEONARDO, F. DE A. P.; OLIVEIRA, A. P. DE; PEREIRA, W. E.; SILVA, O. P. R. DA; BARROS, J. R. A. Rendimento da batata-doce adubada com nitrogênio e esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.27, p.18-23, 2014.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia Alimentar**. v. 22, p. 65–69, 2002.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p.221-229. (Boletim Técnico, 100).

MABVONGWE, O.; MANENJI, B.T.; GWAZANE, M.; CHANDIPOSHA, M. The effect of paclobutrazol application time and variety on growth, yield, and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Advances in Agriculture**, v. 2016, p.1-5, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MANIVANNAN, P.; ABDUL JALEEL, C.; KISHOREKUMAR, A.; SANKAR, B.; SOMASUNDARAM, R.; SRIDHARAN, R.; PANNEERSELVAM, R. Propiconazole induced changes in antioxidant metabolism and drought stress amelioration in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Colloids Surf. B: **Biointerfaces**, v. 57, p. 69–74, 2007.

MARTÍ, H. R.; MILLS, H. A. Nitrogen and potassium nutrition affect yield, dry weight partitioning, and nutrient-use efficiency of sweet potato. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, p. 287-301, 2002.

MELO, W.F.; SILVA, J.B.C.; MOITA, A.W. Avaliação da produtividade de clones de batata-doce ricos em provitamina A junto a agricultores familiares. **Horticultura Brasileira**, v.28, 2010.

MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; PEREIRA, W.; LOPES, C.A.; SILVA, J.B.C. **A cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ. 1995. 94p. (Coleção Plantar).

MORTLEY, D. G.; BURRELL, S.; BONSI, C. K.; HILL, W. A.; MORRIS, C. E. Influence of daily light period and irradiance on yield and leaf elemental concentration of hydroponically grown sweet potato. **HortScience**, v. 44, p.1491-1493, 2009.

NAIR, G. M.; NAIR, V. M. Influence of irrigation and fertilizers on the growth attributes of sweet potato. **Journal of Root Crops**, v.21, p. 17-23, 1995.

NASCIMENTO, K. O.; LOPES, D. S.; TAKEITI, C. Y.; BARBOSA, J. L. J. R.; BARBOSA, M. I. M. J. Physicochemical characteristics of tubers from organic sweet potato roots. **Revista Caatinga**, n.28, v. 2, p.225 – 34, 2015.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-390, 1944.

NJITI, V. N.; XIA, Q.; TYLER, L. S.; STEWART, L. D.; TENNER, A. T.; ZHANG, C.; ALIPOE, D.; CHUKWUMA, F.; GAO, M. Influence of Prohexadione Calcium on Sweet potato Growth and Storage Root Yield. **HortScience**, v.48, p. 73-76, 2013.

NOGUEIRA, F.D.; CARVALHO, V.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; PAULA, M.B. Calagem e adubação potássica de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1129-1139, 1992.

NOLÊTO, D. C. S.; SILVIA, C. R. P.; COSTA, C. L. S.; UCHÔA, V. T. Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) comum e biofortificada.

NUNES, J. G. S. **Crescimento, produtividade e qualidade de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) em função da aplicação de reguladores vegetais**. Dissertação de mestrado. Botucatu, 2017, 93p.

O'SULLIVAN, J. N.; ASHER, C. J.; BLAMEY, F. P, C. **Nutrient disorders of sweet potato**. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 136 p. 1997.

OKPARA, D. A.; OKON, O. E.; EKELEME, F. Optimizing nitrogen fertilization for production of white and orange-fleshed sweet potato in southeast Nigeria. **Journal Plant Nutrition**, v. 32, p. 878-891, 2009.

OLIVEIRA, A. P.; MOURA, M. F.; NOGUEIRA, D. H.; CHAGAS, N. G.; BRAZ, M. S. S.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J. A. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.279-282. 2006.

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J. A.; SILVA, G. G.; NOGUEIRA, D. H.; MOURA, M. F.; BRAZ, M. S. S. Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de ureia. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.925-928, 2005.

OPATRNÁ, J.; NOVÁK, P.; OPATRNÝ, Z. Paclobutrazol stimulates bud regeneration in *Solanum tuberosum* L. primary explant cultures. **Biologia Plantarum**, v.39, p.151-158, 1997.

PANYAPRUEK, S.; SINSIRI, W.; SINSIRI, N.; ARIMATSU, P.; POLTHANEE, A. Effect of Paclobutrazol Growth Regulator on Tuber Production and Starch Quality of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 15, p. 1-7, 2016.

PEIXOTO, J. R.; BERNARDES, S. R.; SANTOS, C. M. dos; BONNAS, D. S.; FIALHO, J. de. F.; OLIVEIRA, J. A. Desempenho agrônômico de variedades de mandioca mansa em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.18, p.19-24, 2005.

- PHILLIPS, S. B.; WARREN, J. G.; MULLINS, G. L. Nitrogen rate and application timing affect 'Beauregard' sweetpotato yield and quality. **HortScience**, v. 40, p. 214-217, 2005.
- PRABAWARDANI, S.; SUPARNO, A. Water Use Efficiency and Yield of Sweetpotato as Affected by Nitrogen and Potassium Application. **Journal of Agricultural Science**, v.7, p. 128-137, 2015.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and others metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p.501-531, 2000.
- RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.34, p.845–872, 2015.
- RAVI, V.; INDIRA, P. Crop physiology of sweet potato. **Horticultural reviews**, v.23, p. 277-338, 1999.
- RAVI, V.; NASKAR, S. K.; MAKESHKUMAR, T.; BABU, B.; KRISHNAN, B. S. P. Molecular physiology of storage root formation and development in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Journal of Root Crops**, v. 35, p. 1-27, 2009.
- RAVI, V.; SARAVANAN, R. Crop physiology of Sweetpotato. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**. Global Science Books. p.17-27, 2012.
- REDDY, G. R. S.; REDDY, K. A. Effect of different forms of urea at various levels of nitrogen for lowland rice. **Abstracts on Tropical Agriculture**, v.12, p. 181, 1987.
- RENTER, M. G.; STASSEN P. J. C. The effect of growth inhibitors on vegetable growth, fruit size and fruit set in Hass Avocado trees: A preliminary report. **South African Avocado Grower Assn. Yrbk.** v. 21, p.54–57, 1998.
- RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de paclobutrazol na cultura do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.637-641, 2002.
- RICCE, W.S. et al. 2018. **Análise de riscos climáticos para a cultura da batata-doce no estado de Santa Catarina**. Setembro, p.10.
- ROMANOV, G. A.; AKSENOVA, N. P.; KONSTANTINOVA, T. N.; GOLYANOVSKAYA, S. A.; KOSSMANN, J.; WILLMITZER, L. Effect of indole-3-acetic acid and kinetin on tuberisation parameters of different cultivar and transgenic lines of potato *in vitro*. **Plant Growth Regulation**, v. 32, p. 245-251, 2000.
- RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; SANTOS, H. S. Avaliação da produtividade de plantas de batata-doce oriundas de matrizes livres de vírus. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.3, p.434-439, 2012.
- ROSOLEM, C.A.; OOSTERHUIS, D.M.; SOUZA, F.S. Cotton response to mepiquat chloride and temperature. **Scientia Agrícola**, v.70, p.82-87, 2013.

SAKI, T.; YOMI, M.; RAJASHEKHAR RAO, B. K. Critical nitrogen content and nitrogen nutrition index for sweetpotato crop. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, p.1750-1759, 2019.

SANKHLA, N.; DAVIS, T. D.; UPADHYAYA, A.; SANKHLA, D.; WALSER, R. H.; SMITH, B. N. Growth and metabolism of soybean as affected by paclobutrazol. **Plant Cell Physiology**, v.26, p. 913, 1985.

SANTOS NETO, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O.; FILHO, R. N.A. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 445-452, 2017.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018, 356p.

SEBASTIAN, B.; ALBERTO, G.; EMILIO, A. C.; JOSE, A. F.; JUAN A. F. Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 94, p. 371-377, 2002.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2ed Viçosa, UFV, Impr. Univ., p. 165. 1990.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A. (Oorg.). **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 1995. 18p.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M.P. (coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, v.2, p.448-504.

SILVA, R. M. **Componentes da produção e produtividade da mandioca de mesa em função do arranjo de plantio e modos de aplicação de regulador de crescimento**. Dissertação de mestrado. Botucatu, 2019, 70p.

SILVEIRA, M. A.; SOUZA, F. R.; ALVIM, T. C.; DIAS, L. E.; SANTANA, W. R.; VOTAL, M. K. G. S.; GOUVÊA, G. R. S. R.; COSTA, D. M. A cultura da batata-doce como fonte de matéria prima para a produção de etanol. **Boletim técnico UFT**. Disponível em: <http://www.sudam.gov.br/conteudo/destaques/arquivos/Etanol/BOLETIM-TECNICO-UFT.pdf>. Acesso 01 de julho de 2020.

SMITH, S.L.; WRIGHT, M. E. A preharvest vine disposal machine for sweet potato. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 10, p.321–326, 1994.

SOMASUNDARAM, K.; MITHRA,V. S. S. A Simulation Model for Sweet Potato Growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, p. 241-254, 2008.

SOMDA, Z. C.; KAYS, S. J. Sweet Potato Canopy Architecture: Branching Pattern. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 115, p. 33-38, 1990.

STATHERS, T.; LOW, J.; MWANGA, R.; CAREY, T.; DAVID, S.; GIBSON. Everything you ever wanted to know about sweetpotato: reaching agents of change tot manual. **International potato Center**, Nairobi, pp. 390, 2013.

STEFFENS, G. L. Gibberellin biosynthesis inhibitors: comparing growth-retarding effectiveness on apple. **Journal Plant Growth Regulation**, v.7, p.27-36, 1988.

STEVENS, R.; WINTER NELSON, A. Consumer acceptance of pro-vitamin A biofortified maize in Maputo, Mozambique. **Food Policy**, v.33, p.341-351, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2017. 888p.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P.S. Growth and biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by paclobutrazol. **Plant Growth Regulation**, v.35, p.37-46, 2005.

THANKAMMA, P.K.P.; EASWARIAMMA, C.S. Variability in hybrid progênies of sweet potato. **Journal of Root Crops**, v.16, p.8-12, 1990.

TSEGAW, T.; HAMMES, P. Growth responses of potato (*Solanum tuberosum*) grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol: Tuber attributes. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 33, p. 43-51, 2005.

TSUNO, Y.; FUJISE, K. Studies on the Dry Matter Production of Sweet Potato : III. The relation between the dry matter production and the absorption of mineral nutrientes. **Japanese Journal of Crop Science**, V. 32, p. 297-300, 1964.

UKPABI, U. J.; IJIOMA, B. C.; OGBEUHI, C. R. A.; ODIE, B. C. Variability of some food nutrients in cultivars of sweet potato. In: third triennial symposium of the international society for tropical root crops. **Proceedings**. IDRC. 1987 80p.

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. (2011). **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Disponível em:
<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>.
 Acesso em: 01 de julho de 2020.

van RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

VILLAVICENCIO, L. E. ; BLANKENSHIP, S. M.; YENCHO, G. C.; THOMAS, J. F.; RAPER, C. D. Temperature effect on skin adhesion, cell wall enzyme activity, lignin content, anthocyanins, growth parameters, and periderm histochemistry of sweet potato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.132, p.729-738, 2007.

VILLORDON, A. Q.; LA BONTE, D. R.; FIRON, N.; KFIR, Y.; SCHWARTZ, A.; PRESSMAN, E. Characterization of adventitious root development in sweetpotato. **Hortscience**, v. 44, p. 651–655, 2009.

WANG, H.; LI, H.; LIU, F.; XIAO, L. Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulturae**, v.119, p.113-116, 2009.

ZENEBOM, O.; PASCUET, N.S. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018p.