


**QUALIDADE E TRANSLUCIDEZ DE INFRUTESCÊNCIAS DO ABACAXIZEIRO ‘PÉROLA’
CULTIVADO SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

**QUALITY AND TRANSLUCENCY OF ‘PÉROLA’ PINEAPPLE INFRUCTESCENCES
CULTIVATED UNDER NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.030-003>

Renato Pereira Lima

Doutorado em Agronomia

E-mail: renato.lima@pesquisa.insa.gov.br

Alex Sandro Bezerra de Sousa

Doutorado em Agronomia

E-mail: alex.sousa@ematerce.ce.gov.br

Mariany Cruz Alves da Silva

Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

E-mail: marianycruz@yahoo.com.br

Elder Cunha Lira

Doutorado em Ciência do Solo

E-mail: elder.lira@hotmail.com

Maria do Perpetuo Socorro Damasceno Costa

Doutorado em Agronomia

E-mail: maria.damasceno@pesquisa.insa.gov.br

Daniela Batista da Costa

Doutorado em ciência do solo

E-mail: daniela.costa@pesquisa.insa.gov.br

Evaldo dos Santos Felix

Mestre em Ciência do Solo

E-mail: evaldoengagro@gmail.com

Jucilene Silva Araújo

Doutorado em Agronomia

E-mail: jucilene.araujo@insa.gov.br

Silvanda de Melo Silva

Doutorado em Horticultura

E-mail: silvandasilva@gmail.com



RESUMO

A translucidez nas infrutescências do abacaxizeiro é um distúrbio fisiológico que altera a coloração da polpa e conduz ao escurecimento interno. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade e translucidez por processamento de imagem digital de infrutescências do abacaxizeiro ‘Pérola’ produzidas sob adubação nitrogenada e potássica. Cinco doses de ureia (0,53; 3,20; 5,33; 7,47; 10,13) e cinco de cloreto de potássio (0,30; 1,78; 2,97; 4,15; 5,64) foram combinadas, em esquema fatorial conforme a matriz Plan Puebla III, totalizando dez tratamentos. A adubação nitrogenada e potássica no cultivo do abacaxizeiro ‘Pérola’ influenciou os níveis de translucidez na polpa das infrutescências, na maturidade comercial. Neste contexto, dose elevada de N (7,47 g de ureia por planta) combinada com dose baixa de K (1,78 g de KCl por planta) aumenta a translucidez da polpa e reduz o conteúdo de flavanoides amarelos. Mas, a translucidez reduziu quando K foi fornecido na dose de 4,15 g de KCl por planta com 7,47 g de ureia por planta. Nas condições em que este trabalho foi realizado, a combinação de 7,47 g de ureia com 4,15 g de KCl por planta no cultivo do abacaxizeiro ‘Pérola’ favorece a qualidade das infrutescências, mantendo baixos os níveis de translucidez e elevados conteúdos de flavanoides amarelos, dos açúcares redutores e das proteínas solúveis na polpa e no eixo central. O processamento de imagens digitais demonstrou ser uma ferramenta importante na caracterização da translucidez e das mudanças na coloração da polpa associadas a este fenômeno.

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*; Distúrbios fisiológicos; Sistema de cor RGB; Sistema CIE Lab.

ABSTRACT

Translucency in pineapple infructescences is a physiological disorder that alters pulp color and leads to internal browning. This study aimed to evaluate the quality and translucency, using digital image processing, of infructescences of ‘Pérola’ pineapple produced under nitrogen and potassium fertilization. Five rates of urea (0.53, 3.20, 5.33, 7.47, and 10.13 g per plant) and five rates of potassium chloride (0.30, 1.78, 2.97, 4.15, and 5.64 g per plant) were combined in a factorial scheme according to the Plan Puebla III matrix, totaling ten treatments. Nitrogen and potassium fertilization in the cultivation of ‘Pérola’ pineapple influenced the levels of translucency in the pulp of infructescences at commercial maturity. In this context, a high N rate (7.47 g of urea per plant) combined with a low K rate (1.78 g of KCl per plant) increased pulp translucency and reduced the content of yellow flavonoids. However, translucency decreased when K was supplied at 4.15 g of KCl per plant in combination with 7.47 g of urea per plant. Under the conditions of this study, the combination of 7.47 g of urea and 4.15 g of KCl per plant in the cultivation of ‘Pérola’ pineapple favored infructescence quality by maintaining low translucency levels and high contents of yellow flavonoids, reducing sugars, and soluble proteins in both the pulp and the central axis. Digital image processing proved to be an important tool for characterizing translucency and pulp color changes associated with this phenomenon.

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*; Physiological disorders; RGB color system; CIE Lab system.



1 INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é uma das frutas tropicais mais consumidas no mundo. Sua ampla aceitação pode ser atribuída as suas excelentes características sensoriais, principalmente o sabor ácido-adocicado, fonte de fibras e vitamina C. No ano de 2014, o Brasil produziu aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de abacaxi, mantendo a segunda posição na produção mundial (FAOSTAT, 2016). O Nordeste do Brasil é a principal região produtora de abacaxi no país, com uma contribuição de 40% na produção total, gerando renda e elevando a qualidade de vida das famílias de agricultores. Esta produção é destinada predominantemente ao mercado interno e em menor extensão à exportação.

Para atender as exigências de exportação, devem ser monitorados os elementos que compõem os padrões de qualidade da fruta, especialmente quanto às alterações na coloração da polpa (Hotegni et al., 2014). Estas alterações ocorrem principalmente em decorrência da translucidez e do escurecimento dos tecidos. A translucidez nas infrutescências do abacaxizeiro é um distúrbio fisiológico que pode se iniciar 2 a 4 semanas antes da colheita (Chen & Paull, 2001), deixando a polpa com aspecto aquoso. O desenvolvimento da translucidez está associado à redução da porosidade da polpa nos últimos estádios de desenvolvimento das infrutescências. Por sua vez, este evento é consequência de um maior movimento de água no apoplasto da polpa, favorecido pelo aumento de sacarose apoplástica e, subsequente, diminuição do potencial de soluto (Chen et al., 2000). Durante o armazenamento das infrutescências, a translucidez se intensifica e, posteriormente surgem manchas marrons caracterizando o escurecimento interno (Raimbault et al., 2010).

Tratamentos pós-colheita como a aplicação do 1-MCP (Dantas Junior et al., 2009), adequação da temperatura de armazenamento (Hong et al., 2013) e tratamentos com reguladores, tais como ácido salicílico (Lu et al., 2011) e ácido abscísico (Zhang et al., 2015) reduzem a incidência de translucidez e o escurecimento interno em abacaxi. Mas, o controle destas desordens ainda não é completamente compreendido. Também, não se conhece de que forma e/ou intensidade fatores pré e pós-colheita condicionam seu aparecimento e extensão. A adubação do solo com potássio no cultivo previne o escurecimento interno em abacaxi durante o armazenamento por reduzir a atividade de enzimas oxidativas, como a polifenoloxidase (Soares et al., 2005), que está entre as principais enzimas que caracterizam o processo (Raimbault et al., 2010). A adubação com nitrogênio, considerando apenas as exigências da cultura, de acordo com análise foliar e do solo, associada ao manejo do solo com cobertura vegetal e o controle de pragas após monitoramento, reduziu a taxa de senescência e a translucidez da polpa em abacaxi 'Pérola', durante o armazenamento sob condições ambiente, se comparadas a infrutescências oriundas da produção convencional, onde prevaleceu o manejo e práticas culturais normalmente utilizadas pelos produtores (Martins et al., 2012). A pulverização pré-colheita dos frutos com 1,3 g de cloreto de cálcio por

fruto em três aplicações, com intervalos de duas semanas, também reduz a incidência do escurecimento interno (Hewajulige et al., 2006).

Considerando o exposto, a adequação de práticas agrícolas, como o manejo nutricional, pode ser uma ferramenta adicional para o controle da translucidez e, conseqüentemente, redução da susceptibilidade ao escurecimento interno. Possivelmente a adubação com N (Martins et al., 2012) e K (Soares et al., 2005) influenciam no surgimento destes distúrbios durante a pós-colheita. Adicionalmente, N e K são os nutrientes mais requeridos pela cultura do abacaxizeiro (Pegoraro et al., 2014), sendo responsáveis pela alta produtividade e qualidade das infrutescências (Spironello et al., 2004). Contudo, há uma carência de estudos que demonstrem o efeito da adubação com N e K, sobretudo de forma associada, na ocorrência de translucidez na polpa do abacaxi e seu envolvimento no comprometimento da qualidade.

A severidade da translucidez em abacaxi pode ser precisamente quantificada com o uso de processamento de imagens digitais (Lima et al., 2015). Além disso, a medição da coloração através da visão computacional fornece uma caracterização detalhada da sua uniformidade em frutas e hortaliças (Wu & Sun, 2013), podendo ser uma ferramenta importante na caracterização da translucidez. A coloração obtida por sistema de visão computacional é representada por vários sistemas de coordenadas definidos como sistemas de cores. O sistema de cor RGB (*Red, Green e Blue*) tem sido o mais utilizado para inspeção da qualidade em frutas e hortaliças (Garrido-Novell et al., 2012; Zhang et al., 2014). Considerando a coloração como um dos atributos determinantes para a aparência e o consumo, assim como o grande número de fatores ligados à sua modificação, o estabelecimento de relações entre práticas de cultivo e mudanças na qualidade tem sido um desafio, sobretudo quando se trata do manejo nutricional.

Este trabalho objetivou avaliar a qualidade e translucidez por processamento de imagem digital de infrutescências do abacaxizeiro ‘Pérola’ produzidas sob adubação nitrogenada e potássica.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAL VEGETAL, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A fase experimental de campo foi conduzida no município de Alhandra, Estado da Paraíba, Brasil, em área com solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico argissólico (EMBRAPA, 2013). O clima predominante na região é o *As'*, quente e úmido, com temperaturas médias entre 22 e 26 °C. No ano de 2014, a precipitação foi de 1.787 mm no município (AESAs, 2016).

O abacaxizeiro da cultivar Pérola (*Ananas comosus* var. *comosus*) foi implantado em Janeiro de 2014, em leirões, no sistema de fileira simples, com espaçamento de 0,80 x 0,30 m. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com três repetições. Os tratamentos, dispostos em esquema fatorial conforme a matriz Plan Puebla III (Turrent & Laird, 1975), consistiram da combinação de cinco doses de N e cinco doses de K, totalizando dez combinações (Tabela 1). A dose central de N e K

da matriz foi obtida a partir da média das recomendações dos Estados vizinhos, Pernambuco e Bahia, acrescida de 20%. As fontes de N, P e K utilizadas foram, respectivamente, uréia (45% N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% KCl). As doses de nitrogênio (N) e potássio (K) foram parceladas em três aplicações, realizadas aos 90, 190 e 290 dias após o plantio (DAP), aplicadas na axila das folhas basais. A adubação com fósforo (P) foi realizada em dose única (11,83 g por planta). As plantas receberam, ainda, aplicações foliares de B (4 kg.ha⁻¹ de bórax), Fe (4 kg.ha⁻¹ de sulfato ferroso), CuS (2 kg.ha⁻¹ de sulfato de cobre) e Zn (2 kg.ha⁻¹ de sulfato de zinco) a partir dos quatro meses, em intervalos de dois meses, até o décimo mês após o plantio (Oliveira et al., 2002).

A unidade experimental foi constituída por uma parcela contendo 60 plantas, sendo consideradas como área útil as 50 plantas centrais. A indução floral foi realizada aos 11 meses após o plantio. A colheita das infrutescências foi realizada aos 16 meses após o plantio, quando as infrutescências haviam atingido a maturidade fisiológica, apresentando coloração verde, com início de pintas amarelas na base e desprendimento da malha. Para cada repetição, foram colhidas 12 infrutescências que foram transportadas para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB) para avaliações.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos quanto às doses de ureia e cloreto de potássio, aplicados no cultivo do abacaxizeiro 'Pérola'. Alhandra-PB, janeiro de 2014 a abril de 2015.

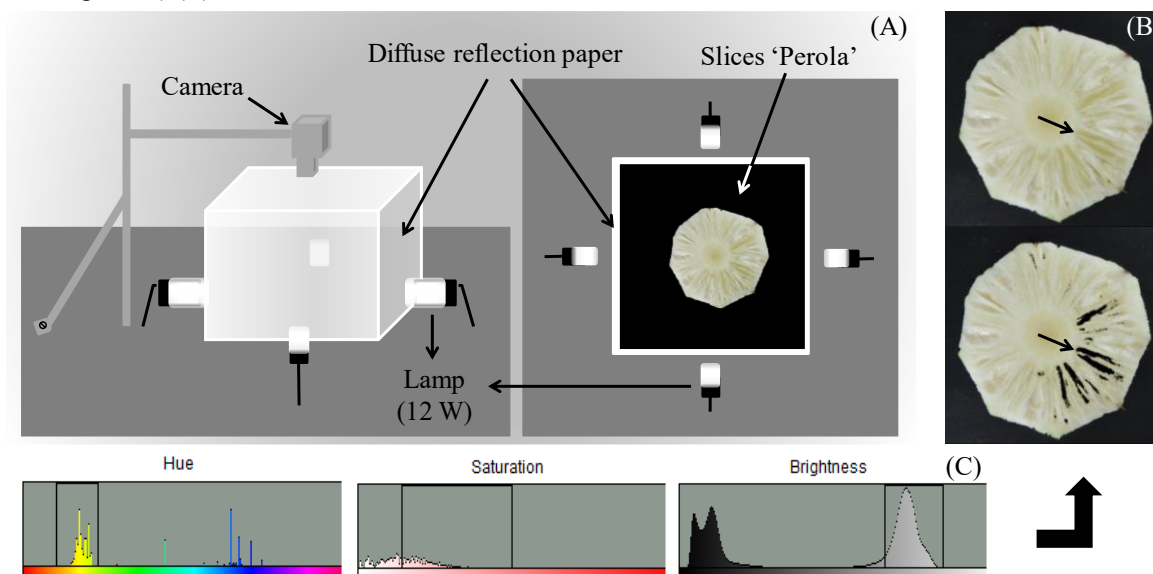
Tratamentos	Níveis		Ureia	KCl
	N	K	(g. planta ⁻¹)	
1	-0,4	-0,4	3,20	1,78
2	-0,4	0,4	3,20	4,15
3	0,4	-0,4	7,47	1,78
4	0,4	0,4	7,47	4,15
5	0,0	0,0	5,33	2,97
6	-0,9	-0,4	0,53	1,78
7	0,9	0,4	10,13	4,15
8	-0,4	-0,9	3,20	0,30
9	0,4	0,9	7,47	5,64
10	-0,9	-0,9	0,53	0,30

2.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

2.2.1 Avaliação da translucidez, coloração da polpa e firmeza

Após o descascamento de cada infrutescência, uma fatia, com espessura de aproximadamente 2 cm, foi retirada transversalmente na região mediana. Imediatamente, foram capturadas imagens de 36 fatias de cada tratamento, utilizando-se uma câmara fotográfica Nikon Coolpix P5020 com resolução de 12.1 megapixel, sobre fundo preto. Para controle da iluminação, foram utilizadas quatro lâmpadas de 12 W, dispostas distalmente (10 cm) nas laterais de uma caixa especialmente desenvolvida, a partir de papel difuso branco, como representado na Figura 1A.

Figura 1. Esquema de controle de iluminação e captura de imagens de abacaxi 'Pérola' (A) e etapa de seleção da área translúcida da fatia (B) por Visão Computacional, utilizando o programa ImageJ®, através da ferramenta Threshold Color space HSB (Hue, Saturation e Brightness) (C).



A medição da área translúcida das fatias foi realizada através do processamento das imagens, utilizando o programa ImageJ®. Para a seleção da região de interesse (área translúcida na fatia), utilizou-se a ferramenta Threshold Color space HSB (Hue, Saturation e Brightness), ajustando-se os valores correspondentes a área translúcida em cada parâmetro de cor, como representado na Figura 1B e 1C. A área translúcida das fatias e também da área total foram obtidas através do comando Analyze Particles.

Os valores de translucidez foram expressos em percentagem como segue:

$$AT (\%) = (ATP/AFP) * 100$$

em que: AT = área translúcida; ATP = área translúcida em pixel e AFP = área total da fatia em pixel.

A coloração da polpa nas fatias foi avaliada através de leitura direta com o colorímetro Minolta CM-508d, o qual expressa a cor no sistema CIE Lab e, utilizando visão computacional, sistema RGB. Efetuaram-se duas leituras por fatia, com o colorímetro, alternando a posição de leitura. Os valores médios de cada canal RGB (Red, Green e Blue) foram obtidos computacionalmente, medindo-se as imagens das fatias através do comando Measure RGB do programa ImageJ®.

A firmeza da polpa foi determinada através de penetrômetro digital Fruit Hardness tested nas fatias do abacaxi, realizando-se duas leituras alternando a posição nas fatias, sendo os resultados expressos em Newton (N).

2.2.2 Flavonoides amarelos

Foram determinados na polpa e no eixo central, separadamente, de acordo com metodologia de Francis (1982), utilizando uma mistura de 85 ml de Etanol PA com 15 mL de solução de HCl (1,5 M) para a extração. Em seguida, a centrifugação foi realizada a 9000 rpm durante 5 minutos, removendo-se o sobrenadante e completando o volume final para 15 ml com a solução de extração. Leitura espectrofotométrica a 374 nm foi realizada em cubetas de quartzo usando o espectrofotômetro, Genesys 10S UV-VIS. Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹.

2.2.3 Carboidratos

Os teores de açúcares foram determinados na polpa e no eixo central utilizando o ácido dinitrosalicílico (DNS), de acordo com Miller (1959). O extrato foi preparado na proporção 1:50 (g de amostra:mL de água destilada), colocado em “banho-maria” (70°C) por cinco minutos, esfriado em banho de gelo. Após a filtração, foi realizada a determinação dos açúcares redutores (AR). Para a determinação dos açúcares solúveis totais (AST), foi retirado 25 mL do extrato anterior e adicionado 2 mL de HCl PA., seguido de “banho-maria” (70°C) por 30 minutos, banho de gelo e neutralização do pH com NaOH (2 M). O volume final foi aferido em 50 mL com água destilada. Foram utilizadas alíquotas de até os 1,5 mL dos extratos juntamente com 1 mL da solução de DNS. A reação foi iniciada com “banho-maria” a 70 °C e cessada com banho de gelo após 5 minutos. O volume final do tubo foi aferido em 10 mL com água destilada e a absorbância determinada em espectrofotômetro (GenesysTM 10s UV VIS) a 540 nm. Foi utilizado uma curva padrão de glicose variando de 0 a 1801,6 µg.

2.2.4 Proteínas solúveis

Os conteúdos de proteínas solúveis na polpa e no eixo central, separadamente, foram determinados utilizando método descrito por Bradford (1976). Para extração, 2 g de amostra foram homogeneizados juntamente com 10 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0), contendo 0,1 mM de EDTA e 0,1g de PVP. Após filtrado, foi centrifugado a 9000 rpm durante 25 min a 4 °C. O sobrenadante foi utilizado como extrato proteico. Alíquotas de 200 µL foram homogeneizadas por agitação juntamente com 2 ml do reagente de Bradford e mantido em repouso por 5 minutos. Procedeu-se a leitura das amostras em espectrofotômetro (GenesysTM 10s UV VIS) a 595 nm. Utilizou-se uma curva padrão com Gama-globulina bovina (0,23 a 1,6 mg mL⁻¹).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para avaliar o efeito da interação das doses foi utilizada a técnica de superfície de resposta, realizando análise de regressão polinomial para o efeito (efeito



principal), testando-se até nível quadrático. Considerou-se a significância de até 5% de probabilidade e coeficiente de determinação (R^2) acima de 50%. Nos casos em que os ajustes não foram significativos ou os valores de R^2 foram baixos, os valores médios foram representados juntamente com desvios-padrões. Utilizou-se os softwares SAS 9.3 (2011) para as análises. Realizou-se, ainda, análise de correlação de Pearson utilizando-se o JMP® 10.0.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A TRANSLUCIDEZ DA POLPA

A severidade da translucidez da polpa do abacaxi ‘Pérola’ no momento da colheita foi influenciada pela adubação com N e K. Contudo, não houve ajuste a nenhum modelo de superfície de resposta ou de regressão polinomial com R^2 satisfatório ($>50\%$). Entretanto, a combinação de 7,47 g de ureia por planta com 1,78 g de KCl por planta resultou em maior percentual de translucidez (Tabela 2). Notou-se que esta combinação resulta em elevada concentração do N em relação à concentração do K, com relação $N/K > 4$. Em contrapartida, quando 7,47 g de ureia por planta foram combinadas com 4,15 g de KCl por planta praticamente não houve incidência de translucidez. Apesar destas diferenças na severidade da translucidez, não foi verificado efeito significativo da adubação com N e K sobre a incidência em infrutescências apresentando sintomas de translucidez.

Tabela 2. Translucidez na polpa e conteúdo de flavanoides amarelos na polpa e do eixo central de infrutescências do abacaxizeiro ‘Pérola’ cultivados sob diferentes doses de nitrogênio (ureia) e potássio (KCl) combinadas.

Ureia (g.planta ⁻¹)	KCl	Translucidez (%)		Flav. amarelos (mg.100g ⁻¹)	
		Severidade	Incidência	polpa	eixo central
3,2	1,78	0,35± 0,24	8,89±0,96	0,80±0,05	1,03±0,12
3,2	4,15	1,14± 0,53	19,44±9,62	0,78±0,05	1,00±0,05
7,47	1,78	2,06± 0,86	36,11±13,97	0,73±0,07	1,04±0,16
7,47	4,15	0,07± 0,07	5,56±4,81	0,82±0,06	0,94±0,14
5,33	2,97	0,22± 0,34	13,89±11,35	0,93±0,06	1,06±0,08
0,53	1,78	0,32± 0,41	13,89±10,73	0,83±0,01	1,00±0,16
10,13	4,15	0,86± 0,58	13,89±9,62	0,82±0,07	1,15±0,14
3,2	0,3	0,24± 0,15	13,89±9,62	0,89±0,05	0,97±0,08
7,47	5,64	0,18± 0,24	8,33±6,33	0,90±0,04	1,05±0,09
0,53	0,3	0,17± 0,15	5,56±4,81	0,81±0,04	0,99±0,12
F-test		0,034	0,204	0,003	0,357

Médias±Desvio Padrão

Estudos sobre a influência de N ou K sobre a severidade da translucidez em abacaxi, no período de colheita, são escassos. Entretanto, Soares et al. (2005) relataram que a adubação com K no cultivo de abacaxizeiro ‘Smooth Cayenne’ reduziu a incidência de escurecimento interno durante o armazenamento,

por 15 dias a 7 °C, seguidos por 5 dias a 25 °C, simulando a condição de distribuição. O sistema de produção integrada, caracterizado por manejo do solo com cobertura vegetal, roçadas nas entrelinhas, adubação das plantas com base na análise do solo e análise foliar, respeitando os limites máximos de fertilizantes químicos, principalmente os nitrogenados, também reduziu a severidade da translucidez em infrutescências de abacaxizeiro ‘Pérola’, durante o armazenamento sob condições ambiente, se comparadas àquelas oriundas da produção convencional, em que prevalece o manejo e práticas culturais normalmente utilizadas pelos produtores (Martins et al., 2012). De acordo com Chen & Paull (2001), maior severidade da translucidez em abacaxi pode estar associada às alterações na permeabilidade da membrana, que é favorecida por um aumento da temperatura no último estágio de desenvolvimento das infrutescências.

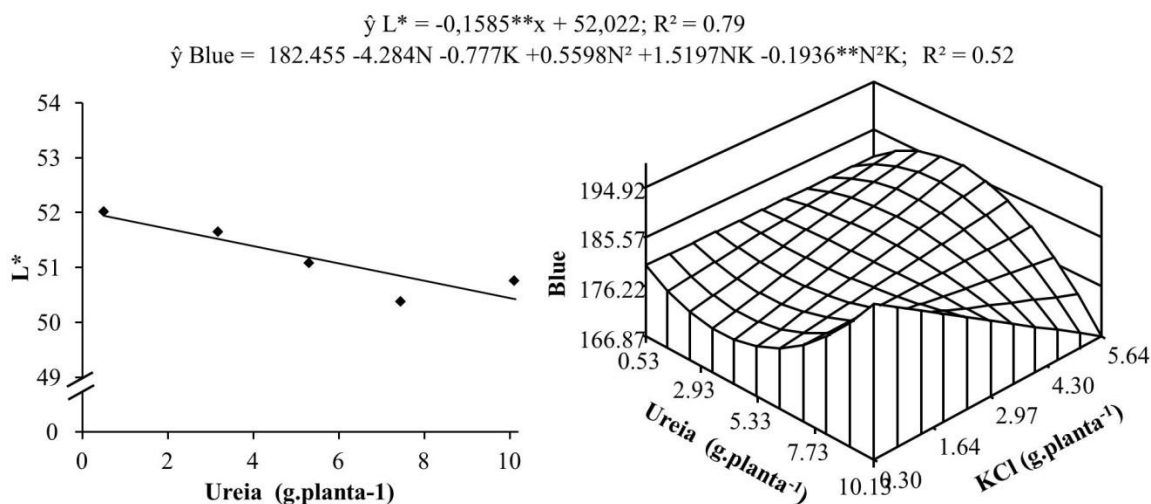
3.2 O CONTEÚDO DE FLAVANOIDES AMARELOS

A adubação com N e K também influenciou o conteúdo de flavanoides amarelos na polpa, mas não houve ajuste a um modelo de regressão com R^2 satisfatório. Contudo, a combinação de 7,47 g de ureia por planta com 1,78 g de KCl por planta resultou em menor conteúdo desses compostos (Tabela 2). Em abacaxi ‘Vitória’, a adubação com doses elevadas de ureia, a partir de 10 g por planta, também reduziu o conteúdo de flavanoides amarelos na polpa (Dantas et al., 2015). Outros fatores proporcionam respostas semelhantes à da adubação potássica no que se refere à redução do escurecimento interno em abacaxi. Infrutescências do abacaxizeiro ‘Comte de Paris’ tratadas com ácido salicílico na pré e pós-colheita apresentaram menor escurecimento interno e, conseqüentemente, preservaram o conteúdo de fenólicos totais quando comparadas às infrutescências do controle (Lu et al., 2011). Segundo esses autores, os compostos fenólicos são degradados no processo de escurecimento enzimático através da atividade da polifenoloxidase. A adubação com K reduziu a atividade da polifenoloxidase em infrutescências do abacaxi ‘Smooth Cayenne’ (Soares et al., 2005). Por sua vez, neste trabalho, a adubação com N e K não influenciou a concentração de flavanoides amarelos na porção do eixo central do abacaxi ‘Pérola’.

3.3 COLORAÇÃO DA POLPA

O aumento nas doses de N, independentemente do K, promoveu uma pequena redução nos valores de L^* (Figura 2A). Por sua vez, o efeito combinado de altas doses de ureia e baixas de KCl e vice-versa elevou os valores de blue nas imagens das fatias. Mas, quando ambos os nutrientes foram fornecidos em doses elevadas, houve redução nos valores de blue (Figura 2B). Os parâmetros a^* e b^* , assim como Red e Green, não foram influenciados pela adubação combinando diferentes doses de nitrogênio e potássio (Tabela 3).

Figura 2. Efeito isolado das doses de nitrogênio sobre o parâmetro de cor L^* (A) e superfície de resposta com o efeito combinado de nitrogênio (Ureia) e potássio (KCl) sobre o parâmetro de cor Blue (B) de infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola'. **Significativo até 1%.



De acordo com Hotegni et al. (2014), a coloração da polpa do abacaxi é um dos atributos de qualidade mais valorizado na comercialização. Embora, nas condições deste experimento, as respostas das variáveis objetivas de cor tenham sido pouco expressivas, as alterações na coloração da polpa do abacaxi estão associadas ao desenvolvimento da translucidez (Montero-Calderón et al., 2008; Lima et al., 2015) que posteriormente contribuem no escurecimento interno (Raimbault et al., 2010). Lima et al. (2015) avaliaram as mudanças na coloração da polpa do abacaxi 'Pérola' minimamente processado, tanto no sistema CIE Lab como RGB, obtendo forte correlação da coloração com a evolução da translucidez.

Tabela 3. Parâmetros de coloração (L^* , a^* e b^* ; RGB) da polpa de infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola' cultivados sob diferentes doses de nitrogênio (ureia) e potássio (KCl) combinadas, obtidos por colorímetro e por sistema de visão computacional.

Ureia (g.planta ⁻¹)	KCl (g.planta ⁻¹)	Colorímetro			Sistema de visão computacional		
		L	a^*	b^*	Red	Green	Blue
3,2	1,78	52,46±1,8	4,19±0,5	26,79±1,6	189,96±10,4	191,44±9,3	176,45±11,2
3,2	4,15	51,27±2,8	4,07±0,3	26,23±1,3	197,56±10,6	197,91±9,5	184,01±11,1
7,47	1,78	49,94±2,5	3,88±0,4	26,50±1,7	195,65±9,3	196,29±8,3	181,52±9,9
7,47	4,15	50,26±2,1	3,95±0,4	25,74±1,1	196,35±8,9	196,40±7,8	181,63±8,1
5,33	2,97	51,08±2,0	3,91±0,4	25,47±1,0	192,96±9,7	193,51±9,0	179,61±9,8
0,53	1,78	51,43±2,3	3,90±0,4	25,90±1,7	192,94±11,6	193,84±10,6	180,52±12,6
10,13	4,15	50,76±2,6	3,94±0,5	26,19±1,1	189,55±10,6	190,68±9,7	174,39±10,7
3,2	0,3	51,22±1,7	3,87±0,3	26,08±1,3	189,70±11,1	190,77±10,4	176,56±10,8
7,47	5,64	50,94±2,8	3,93±0,5	26,06±1,4	193,33±11,2	194,08±10,3	180,41±10,8
0,53	0,3	52,60±1,6	4,12±0,3	25,98±0,8	192,69±9,6	193,62±8,8	180,10±9,1
F-test,		0,022	0,067	0,241	0,115	0,072	0,036

Médias±Desvio Padrão



Adicionalmente, o processamento de imagens digitais permitiu não somente a avaliação da severidade da translucidez nas fatias de abacaxi ‘Pérola’, nas condições deste experimento, como demonstrou ser uma ferramenta importante na caracterização das mudanças na coloração da polpa associadas a este fenômeno, através da intensidade dos valores de Blue nas imagens das fatias. Neste contexto, os valores de RGB de imagens, juntamente com os valores de L^* , foi demonstrado como ferramenta capaz de caracterizar a evolução da cor durante o armazenamento de abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado (Lima et al., 2015) e de maçãs integras (Garrido-Novell et al., 2012), além de diferenciar a qualidade em muitas frutas e hortaliças (Zhang et al., 2014). Assim, o sistema de visão computacional apresenta elevada precisão associada a baixos custos, podendo ser uma ferramenta capaz de substituir o trabalho humano na inspeção da qualidade (Quevedo et al., 2010).

3.4 CARBOIDRATOS DA POLPA E DO EIXO CENTRAL

Com relação aos carboidratos, a adubação com N e K não influenciou os teores de açúcares solúveis totais e de açúcares não redutores em ambas as porções avaliadas, polpa e eixo central (Tabela 4). Os teores de açúcares solúveis totais variaram de 8,52 a 11,84 g.100 g⁻¹ na polpa e 8,76 a 11,95 g.100 g⁻¹ no eixo central. Os teores de açúcares não redutores no eixo central foram ligeiramente superiores aos observados para a polpa, 5,64 e 4,78 g.100 g⁻¹, respectivamente. Em abacaxi ‘Vitória’, Dantas et al. (2015) relataram que o aumento nas doses de N, fornecido tanto na forma de ureia como na forma orgânica (cama de frango), reduziram os teores de açúcares solúveis totais e não redutores. Entretanto, os teores de sólidos solúveis de abacaxi variedade N36 não foram influenciados por doses crescentes de adubação nitrogenada, segundo Arshad e Armanto (2012). Da mesma forma, a adubação com doses crescentes de cama de frango contendo quantidades significativas de N (1,97%) não influenciou os teores de sólidos solúveis e de açúcares solúveis totais do abacaxi ‘Pattavia’ (Isuwan, 2013).

Tabela 4. Teores de açúcares solúveis totais (AST) e de açúcares não redutores (ANR) da polpa e eixo central de infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola' cultivados sob diferentes doses combinadas de nitrogênio (ureia) e potássio (KCl).

T	Ureia	KCl	AST (g.100g ⁻¹)		ANR (g.100g ⁻¹)	
	(g.planta ⁻¹)		polpa	eixo central	polpa	eixo central
1	3,2	1,78	11,84±0,9	9,86±0,6	6,88±1,0	5,46±0,5
2	3,2	4,15	10,24±0,7	9,34±1,3	4,86±0,5	5,42±1,2
3	7,47	1,78	10,09±0,6	11,70±2,3	4,68±0,3	6,95±1,7
4	7,47	4,15	9,91±1,0	11,89±1,4	4,34±1,5	6,84±0,7
5	5,33	2,97	8,52±1,3	9,60±1,9	3,64±0,6	5,25±1,3
6	0,53	1,78	10,57±0,3	11,95±3,4	4,68±0,8	6,22±1,9
7	10,13	4,15	9,52±0,9	10,09±2,9	4,58±0,4	4,87±1,6
8	3,2	0,3	8,68±0,8	9,47±2,2	4,02±0,4	4,62±0,8
9	7,47	5,64	9,68±1,5	9,86±0,8	5,05±0,7	5,70±1,3
10	0,53	0,3	9,85±0,5	8,76±0,7	5,08±0,3	5,08±0,3
F-test			0,164	0,096	0,059	0,063

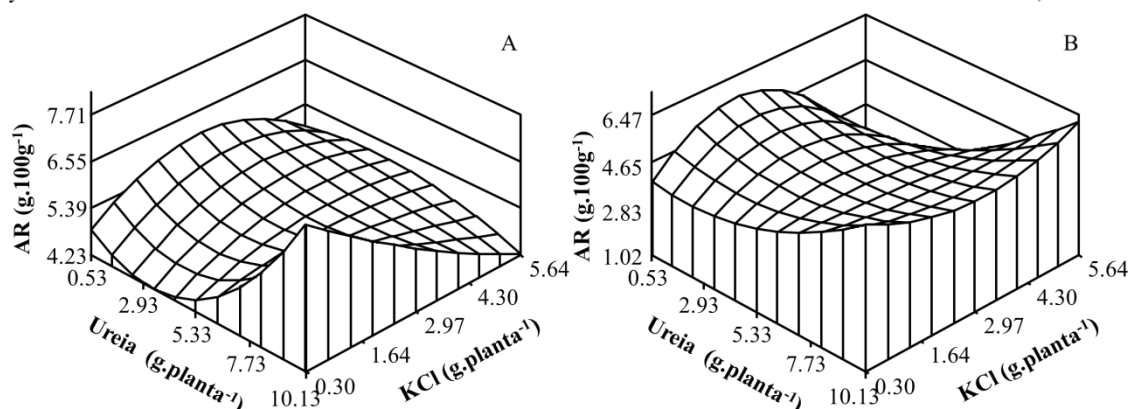
Médias±Desvio Padrão; T = tratamentos

O aumento nas doses de K em até 2,97 g de KCl por planta elevaram os teores de açúcares redutores (AR) na polpa e no eixo central quando N foi fornecido em doses baixas ou em até 5,33 g de ureia por planta (Figura 3A e B). Por sua vez, o aumento no fornecimento de N, principalmente quando combinado com 2,97 g de KCl por planta, reduziu os AR. Na polpa, elevadas doses de N combinadas com doses baixas de K resultaram no acúmulo de AR, embora doses mais altas de N e K reduziram os teores deste carboidrato. Na porção do eixo central, os menores conteúdos de AR ocorreram quando potássio estava muito elevado, em doses acima de 4,30 g de KCl por planta, combinado com doses baixas de N.

Figura 3. Superfície de resposta com o efeito combinado de nitrogênio (ureia) e potássio (KCl) sobre o conteúdo de açúcares redutores na polpa (A) e eixo central (B) de infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola'. **Significativo até 1%, *Significativo até 5%.

$$\hat{y} \text{ AR polpa} = 4.86 - 0.527N + 0.923**K + 0.0822**N^2 - 0.1668**K^2 + 0.0087*N \times K - 0.0179**N^2 \times K + 0.0194*N \times K^2; R^2 = 0.72$$

$$\hat{y} \text{ AR talo} = 3.364 - 0.1135**N + 2.094K + 0.04423**N^2 - 0.4498**K^2 - 0.2696NK - 0.00347**N^2K + 0.060**NK^2; R^2 = 0.78$$



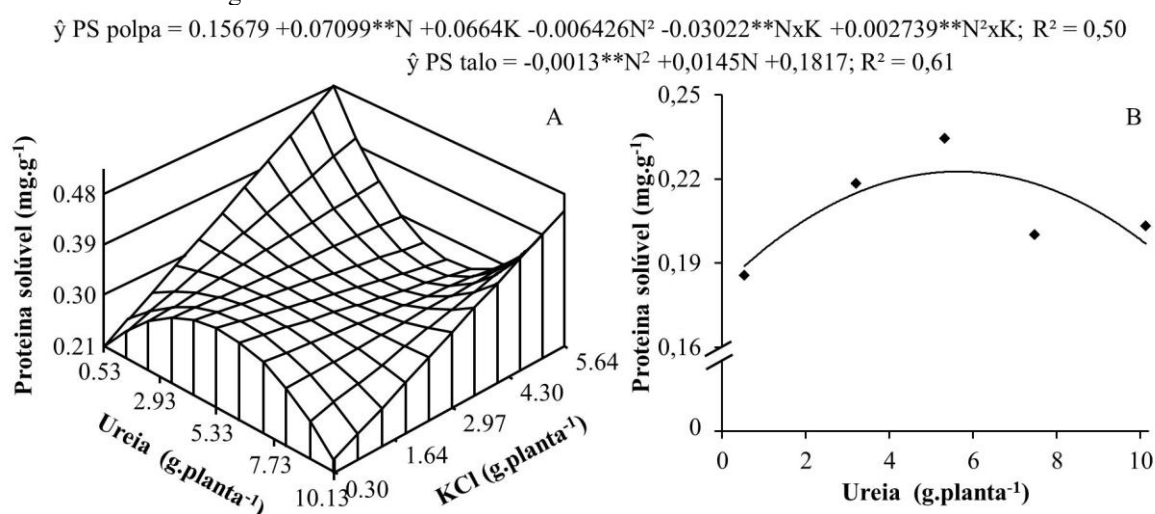
O efeito conhecido de altas doses de adubação nitrogenada, independentemente do K, na cultura do abacaxizeiro é o de reduzir os conteúdos de açúcares nas infrutescências (Omotoso & Akinrinde, 2013;

Dantas et al., 2015). Da mesma forma, o efeito positivo que a adubação com K promove sobre os conteúdos de açúcares em abacaxi já foram relatados (Spironello et al., 2004; Caetano et al., 2013). Contudo, combinando diferentes doses de N e K na adubação do abacaxizeiro ‘Pérola’, observou-se que o máximo conteúdo de açúcares da polpa quando K estava deficiente e N elevado. Possivelmente, N favoreceu a fotossíntese e, portanto, a produção de carboidratos, mas o K é necessariamente importante na redistribuição dos foto-assimilados (Alemán et al., 2011) e estava deficiente.

3.5 PROTEÍNAS SOLÚVEIS E FIRMEZA DA POLPA

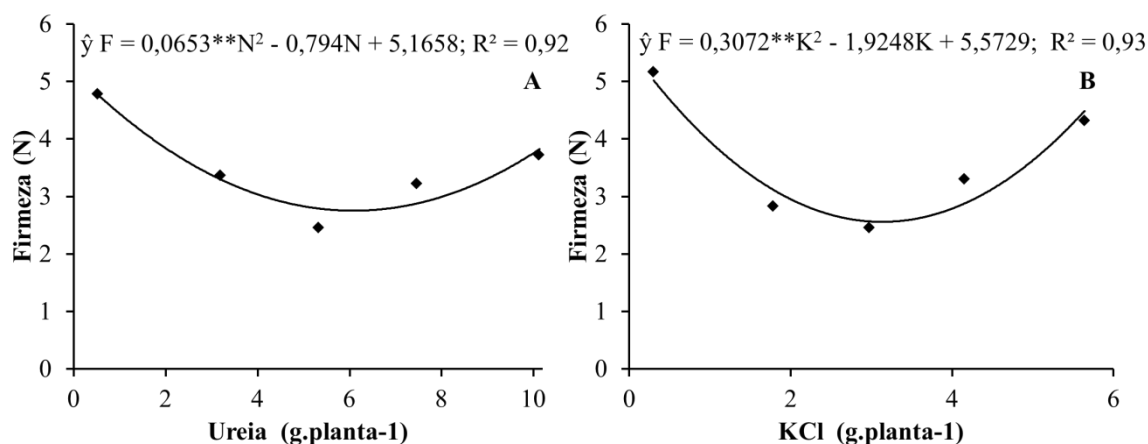
O conteúdo de proteínas solúveis na polpa do abacaxi ‘Pérola’ aumentou à medida em que as doses de N e K aumentaram (Figura 4A). Mas quando K estava baixo, em doses inferiores a 1,64 g de KCl por planta, doses muito elevadas de N, superiores a 5,33 g de ureia por planta, reduziram o conteúdo de proteínas na polpa. O aumento nas doses de N em até 5,58 g de ureia por planta, independentemente do K, também aumentou o conteúdo de proteínas solúveis na porção do eixo central, que sofreu redução a partir desta dose (Figura 4B). O N é um dos principais constituintes de aminoácidos e proteínas. Sob deficiência de N, a síntese de aminoácidos é direcionada para a produção de compostos do metabolismo secundário, relacionados com a defesa vegetal, favorecendo a redução do conteúdo de proteínas solúveis (Ibrahim et al., 2011). O K também é, necessariamente, importante na síntese de proteínas (Chérel et al., 2014). Assim, o menor conteúdo de proteínas quando N estava elevado e K reduzido pode ser atribuído à deficiência do K nos tecidos, favorecida pela diluição deste nutriente em decorrência do excesso de N (Marschner, 2012).

Figura 4. Superfície de resposta com o efeito combinado de nitrogênio (ureia) e potássio (KCl) sobre conteúdo de proteínas solúveis na polpa (A) e efeito isolado de nitrogênio sobre o conteúdo de proteínas solúveis no eixo central (B) de infrutescências do abacaxizeiro ‘Pérola’. **Significativo até 1%.



O aumento nas doses de N até 6,08 g de ureia por planta e K até 3,13 g de KCl por planta reduziu a firmeza da polpa do abacaxi ‘Pérola’ (Figura 5A e B). Provavelmente, por que a adubação nitrogenada aumenta o tamanho e peso das infrutescências de abacaxi (Caetano et al., 2013) principalmente se combinada com K (Spironello et al., 2004), favorecendo o aumento do volume celular e a menor área de contato célula-a-célula, tornando os tecidos menos firmes (Toivonen & Brummell, 2008). Contudo, a partir destas doses, o fornecimento de ambos os nutrientes resultou no aumento de firmeza da polpa, principalmente o K, mas este efeito foi observado para cada nutriente isoladamente.

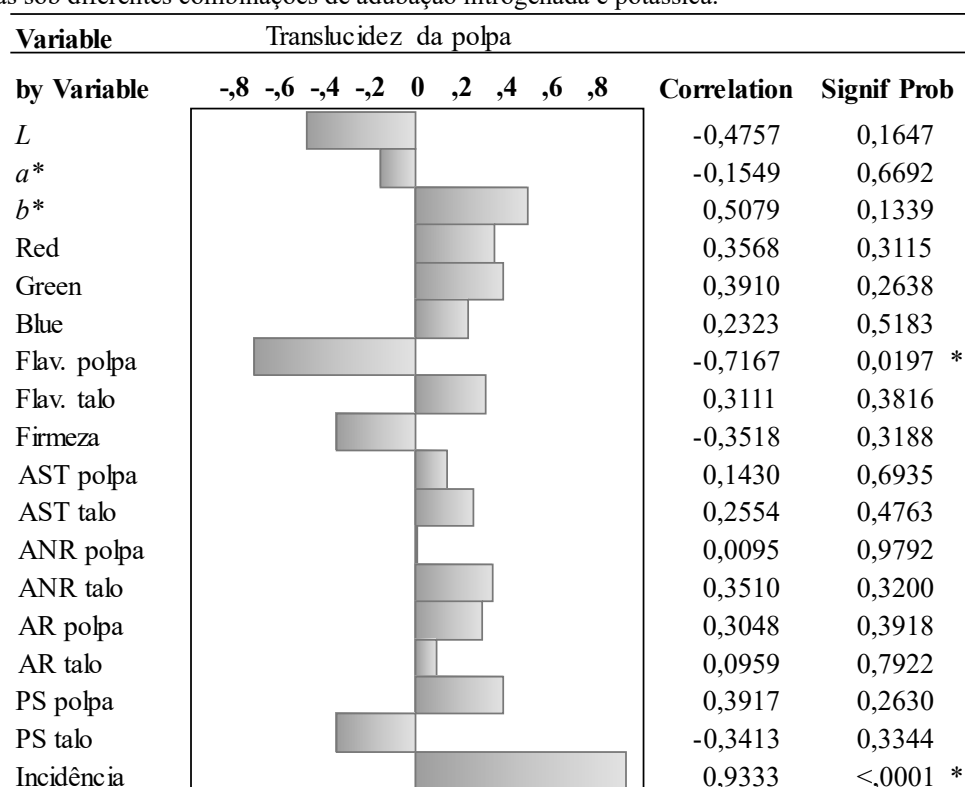
Figura 5. Efeito isolado de ureia (A) e KCl (B) sobre firmeza da polpa de infrutescências do abacaxizeiro ‘Pérola’. **Significativo até 1%.



3.6 CORRELAÇÃO DA TRANSLUCIDEZ DA POLPA COM AS MUDANÇAS NA QUALIDADE

O conteúdo de flavanoides amarelos na polpa foi correlacionado negativamente com a translucidez ($r = -0,72$), indicando que o desenvolvimento da translucidez em abacaxi ‘Pérola’, cultivado sob adubação nitrogenada e potássica, está associada com a degradação dos flavanoides amarelos (Figura 6). Este resultado pode estar associado a maior atividade da polifenoloxidase favorecida pela deficiência de K (Soares et al., 2005).

Figura 6. Correlação da translucidez da polpa com as mudanças nos atributos de qualidade de infrutescências do abacaxizeiro ‘Pérola’ produzidas sob diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica.



O parâmetro de cor L^* apresentou correlação moderada negativa com a translucidez da polpa ($r = -0,48$), mas esta correlação não foi significativa. Contudo, Montero-Calderón et al. (2008) observaram diminuição nos valores de L^* em decorrência do desenvolvimento da translucidez em abacaxi ‘Gold’ minimamente processado e armazenados em diferentes condições de embalagens durante 20 dias a 5 °C. As correlações com sistema de cor RGB também foram caracterizadas por coeficientes de valores baixos e não significativas. Da mesma forma, a firmeza demonstrou baixa correlação negativa, enquanto os conteúdos de carboidratos demonstraram baixa correlação positiva com a translucidez, mas todos não significativos. De acordo com Pathaveerat et al. (2008), a firmeza da polpa de abacaxi ‘Pattavia’ foi menor em infrutescências com maior grau de translucidez, em decorrência da maturidade avançada, enquanto o conteúdo de sólidos solúveis foi mais elevado. De fato, o metabolismo de carboidratos é positivamente relacionado com o desenvolvimento da translucidez, pois o aumento de sacarose no apoplasto da polpa reduz o potencial de soluto, favorecendo um maior fluxo de água, que conduz a redução da porosidade e a translucidez da polpa (Chen & Paull, 2000).

As infrutescências avaliadas neste trabalho apresentavam-se na maturidade fisiológica, ponto de colheita comercial, portanto, com níveis iniciais de translucidez, como pode ser confirmado na Tabela 2. Consequentemente, isso pode explicar os valores de correlação entre a translucidez e as alterações na coloração, firmeza e os conteúdos de açúcares que foram baixos. Outros trabalhos são necessários para se



compreender melhor o possível efeito da adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento da translucidez e a relação desta com as alterações na qualidade do abacaxizeiro ‘Pérola’. Novos trabalhos devem levar em conta as mudanças no período pós-colheita, quando a translucidez pode se intensificar e os sintomas de escurecimento interno se sobressaírem (Raimbault et al., 2010; Zhou et al., 2014; Nukuntornprakit et al., 2015). Adicionalmente, é preciso esclarecer como estes distúrbios fisiológicos podem ser minimizados pela adubação potássica (Soares et al., 2005) e como, de acordo com este trabalho, a adubação nitrogenada e potássica influenciam a incidência no momento da colheita.

4 CONCLUSÃO

Nas condições em que este trabalho foi realizado, a combinação de 7,47 g de ureia com 4,15 g de KCl por planta no cultivo do abacaxizeiro ‘Pérola’ favorece a qualidade das infrutescências, mantendo baixos os níveis de translucidez e elevados valores de luminosidade (L^*) da polpa, conteúdos de flavanoides amarelos, dos açúcares redutores e das proteínas solúveis na polpa e no eixo central. Por sua vez, o processamento de imagens digitais demonstrou ser uma ferramenta importante na caracterização da translucidez e das mudanças na coloração da polpa associadas a este fenômeno.



REFERÊNCIAS

- AESA. (2016). Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. <http://www.aesa.pb.gov.br/>.
- Alemán, F., Nieves-Cordones, M., Martínez, V., & Rubio, F. (2011). Root K⁺ acquisition in plants: the *Arabidopsis thaliana* model. *Plant and Cell Physiology*, 52(9), 1603-1612.
- Arshad, A. M., & Armanto, M. E. (2012). Effect of nitrogen on growth and yield of pineapple grown on BRIS Soil. *Journal of Environmental Science and Engineering. B*, 1(11B), 1285.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1), 248-254.
- Caetano, L. C. S., Ventura, J. A., Costa, A. F. S., & Guarçoni, R. C. (2013). Efeito da adubação com Nitrogênio, Fósforo e Potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(3), 883-890.
- Chen, C. C., & Paull, R. E. (2000). Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(5), 558-562.
- Chen, C. C., & Paull, R. E. (2001). Fruit temperature and crown removal on the occurrence of pineapple fruit translucency. *Scientia Horticulturae*, 88(2), 85-95.
- Chérel, I., Lefoulon, C., Boeglin, M., & Sentenac, H. (2014). Molecular mechanisms involved in plant adaptation to low K⁺ availability. *Journal of experimental botany*, 65(3), 833-848.
- Dantas Júnior, O. R., Silva, S. D. M., Alves, R. E., & Silva, E. D. O. (2009). Suscetibilidade a dano pelo frio em abacaxi 'Pérola' tratado com 1-metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1), 135-144.
- Dantas, A. L., de Melo Silva, S., Dantas, R. L., Pereira, W. E., Lima, R. P., Mendonça, R. M. N., & Santos, D. (2015). Influence of combined sources of nitrogen fertilization on quality of cv. Vitória pineapple. *African Journal of Agricultural Research*, 10(40), 3814-3824.
- EMBRAPA. (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 3^o ed., 353p.
- FAOSTAT, FAO. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- Francis F. J. (1982). Analysis of anthocyanins. In: Markakis P (Ed.), *Anthocyanins as Food Colors*. New York: Academic Press. pp.181-207.
- Garrido-Novell, C., Pérez-Marin, D., Amigo, J. M., Fernández-Novales, J., Guerrero, J. E., & Garrido-Varo, A. (2012). Grading and color evolution of apples using RGB and hyperspectral imaging vision cameras. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 281-288.
- Hewajulige, I. G., Wilson Wijeratnam, S., & Wijesundera, R. L. (2006). Pre-harvest application of calcium to control black heart disorder in Mauritius pineapples during low-temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(3), 420-424.



Hong, K., Xu, H., Wang, J., Zhang, L., Hu, H., Jia, Z., ... & Gong, D. (2013). Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. *Scientia Horticulturae*, 151, 68-74.

Hotegni, V. N. F., Lommen, W. J., van der Vorst, J. G., Agbossou, E. K., & Struik, P. C. (2014). Bottlenecks and opportunities for quality improvement in fresh pineapple supply chains in Benin. *International Food and Agribusiness Management Review*, 17(3), 139-170.

IBGE. (2016). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/home/>.

Ibrahim, M. H., Jaafar, H. Z., Rahmat, A., & Rahman, Z. A. (2011). Effects of nitrogen fertilization on synthesis of primary and secondary metabolites in three varieties of kacip Fatimah (*Labisia pumila* Blume). *International journal of molecular sciences*, 12(8), 5238-5254.

Isuwan A. (2014). Agronomic traits and fruit quality of pineapple with different levels of chicken manure application. *Silpakorn Univ. Sci. Technol. J.* 8(1):67-73.

Khan, S. A., Mulvaney, R. L., & Ellsworth, T. R. (2014). The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(01), 3-27.

Lima, R. P., Silva, S. M., Dantas, R. L., Dantas, A. L., Sousa, A. S. B., Pereira, W. E., Mendonça, R. M. N. (2015). Use of Digital Image Processing for Evaluation of Translucency in Fresh Cut 'PÉROLA' Pineapple Coated with Biofilms. III International Conference on Fresh-cut Produce: Maintaining Quality & Safety, September 13-18.

Lu, X., Sun, D., Li, Y., Shi, W., & Sun, G. (2011). Pre-and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. *Scientia Horticulturae*, 130(1), 97-101.

Marschner, H. (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.

Miller G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Anal. Chem.* 31(3):426-8.

Martins, L. P., Silva, S. M., Silva, A. P., Cunha, G. A. P., Mendonça, R., Vilar, L. C., Mascena, J., & Lacerda, J. T. (2012). Conservação pós-colheita de abacaxi 'Pérola' produzido em sistemas convencional e integrado. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 34(3), 695-703.

Mohammad Sokri, S., Babalar, M., Barker, A. V., Lesani, H., & Asgari, M. A. (2015). Fruit Quality and Nitrogen, Potassium, and Calcium Content of Apple as Influenced by Nitrate: Ammonium Ratios in Tree Nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 38(10), 1619-1627.

Montero-Calderón, M., Rojas-Graü, M. A., & Martín-Belloso, O. (2008). Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest biology and technology*, 50(2), 182-189.

Nukuntornprakit, O. A., Chanjirakul, K., van Doorn, W. G., & Siriphanich, J. (2015). Chilling injury in pineapple fruit: Fatty acid composition and antioxidant metabolism. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 20-26.

Oliveira, E. D., Carvalho, R. A., Lacerda, J. D., Choairy, S. A., & Barreiro Neto, M. (2002). Abacaxi: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano. João Pessoa: EMEPA, 2002, 38p.

Omotoso, S. O., & Akinrinde, E. A. (2013). Effect of nitrogen fertilizer on some growth, yield and fruit quality parameters in pineapple (*Ananascomosus* L. Merr.) plant at Ado-Ekiti Southwestern, Nigeria. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.*, 3(1), 11-16.

Pathaveerat, S., Terdwongworakul, A., & Phaungsombut, A. (2008). Multivariate data analysis for classification of pineapple maturity. *Journal of Food Engineering*, 89(2), 112-118.

Pegoraro, R. F., Souza, B. A. M. D., Maia, V. M., Silva, D. F. D., Medeiros, A. C., & Sampaio, R. A. (2014). Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), 896-904.

Quevedo, R. A., Aguilera, J. M., & Pedreschi, F. (2010). Color of salmon fillets by computer vision and sensory panel. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 637-643.

Raimbault, A. K., Marie-Alphonsine, P. A., Horry, J. P., Francois-Haugrin, M., Romuald, K., & Soler, A. (2010). Polyphenol oxidase and peroxidase expression in four pineapple varieties (*Ananas comosus* L.) after a chilling injury. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1), 342-348.

Soares, A. G., Trugo, L. C., Botrel, N., & da Silva Souza, L. F. (2005). Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 35(2), 201-207.

Spironello, A., Quaggio, J. A., Teixeira, L. A. J., Furlani, P. R., & Sigrist, J. M. M. (2004). Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1), 155-159.

Toivonen, P. M., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1-14.

Turrent, A. & Laird, R. J. (1975). La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. *Agrociencia*, 19, 117-143.

Wu, D., & Sun, D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 5-20.

Zhang, B., Huang, W., Li, J., Zhao, C., Fan, S., Wu, J., & Liu, C. (2014). Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables: A review. *Food Research International*, 62, 326-343.

Zhang, Q., Liu, Y., He, C., & Zhu, S. (2015). Postharvest Exogenous Application of Absciscic Acid Reduces Internal Browning in Pineapple. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(22), 5313-5320.

Zhou, Y., Pan, X., Qu, H., & Underhill, S. J. (2014). Low temperature alters plasma membrane lipid composition and ATPase activity of pineapple fruit during blackheart development. *Journal of bioenergetics and biomembranes*, 46(1), 59-69.