

## Relações Causa-Efeito entre Caracteres Físicos e Químicos sobre Teor de Fibras em Frutos de Pupunha

Fábio Medeiros Ferreira<sup>1</sup>, Brainer William Cruz dos Santos<sup>2</sup>, Rodrigo Barros Rocha<sup>3</sup>, Victor Ferreira de Souza<sup>4</sup>, João Batista Bezerra dos Santos<sup>5</sup>

### Resumo

Objetivou-se no presente trabalho caracterizar os efeitos diretos e indiretos de características físicas e químicas sobre o teor de fibras em frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) com base no método de análise de trilha e, compreender as relações entre grupos de caracteres químicos e físicos do fruto. Para tal foram adquiridos oitenta e cinco acessos representados por dois cachos cada um em feiras livres de Porto Velho – RO. Foram definidas como variáveis explicativas físicas, a massa fresca de frutos, massa das sementes, espessura da polpa, matéria seca e percentual de polpa e; variáveis químicas, teor de óleo, cinzas e proteína, sendo o percentual de fibras o caráter principal. A análise canônica serviu para se estudar a inter-relação entre dois complexos de caracteres: químicos e físicos. A partir das estimativas de correlações fenotípicas obteve-se colinearidade fraca, evitando-se resultados incoerentes biologicamente. Pela análise de trilha, verificou-se a tendência de frutos com muita polpa apresentarem menor quantidade de fibra e, ainda, foi a variável mais importante a ser considerada na seleção indireta (ou simultânea) sobre a quantidade de fibras da pupunha. Por meio das correlações canônicas verificou-se que árvores cujos frutos apresentam menor teor de óleo tendem a ser aquelas cujas pupunhas possuem mais polpa e menor quantidade de matéria seca, evidenciando que a umidade nos frutos é uma característica importante para o melhoramento dessa palmeira. Também se concluiu que pupunhas que exibem menor quantidade de matéria seca e menos polpa tendem a ser mais fibrosas.

### Introdução

Tradicionalmente os frutos da pupunha (*Bactris gasipaes* K.) são consumidos em todos os estados da Amazônia Legal, sendo apreciados pelo seu sabor e como ingrediente de uma variedade de receitas culinárias (Clement, 2001). Importante componente da alimentação regional faz parte, da alimentação de populações extrativistas e ribeirinhas (Arruda et al., 1999). Esta palmácea é apreciada na alimentação pelo seu palmito e pelos seus frutos que são comumente consumidos in natura ou para produção de farinha e como ingredientes de outras receitas (Ruiz Filho et al., 2010, Clement e Mora Urpí, 1987).

Clement et al. (2012) cita que a indisponibilidade de frutos de qualidade comprovada para os diversos caracteres, como teor de óleo, quantidade de fibras, rendimento de polpa e teor de umidade no fruto, é um dos principais gargalos na expansão do consumo da pupunha. Os frutos de plantas menos domesticadas contêm altos índices de óleo e fibra, sendo, ambas, negativamente correlacionadas ao conteúdo de amido (Clement e Arckoll, 1991). Frutos amiláceos são indicados para a produção de farinha ou amido e aqueles mais oleosos ou com bom equilíbrio entre óleo e amido são preferidos ao consumo in natura. Assim frutos com maior quantidade de fibras tornam-se indesejáveis e, portanto, estratégias de seleção de objetivar o decréscimo no “ganho” genético dessa variável em gerações futuras.

A Embrapa Rondônia tem buscado desenvolver componentes tecnológicos essenciais para a agregação de valor aos frutos da pupunheira, contemplando ensaios de adubação, germinação, produção de mudas e propagação vegetativa. Tal empreitada iniciou-se com a coleta e caracterização de vários acessos obtidos em mercados/feiras do município de Porto Velho. Dentro deste contexto inicia-se um programa de melhoramento, cuja fase inicial deve estar inseridas as investigações sobre as associações entre caracteres, visto que ganhos genéticos e seleção de genótipos são, em muitas ocasiões, definidas a um conjunto de variáveis agrônomicas e comerciais (Ferreira et al., 2007), não sendo diferente para a pupunheira em que a matéria prima principal seja o fruto.

<sup>1</sup> Professor Adjunto I do ICET/UFAM. e-mail: fmferreira77@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos – UFAM/Itacoatiara. Bolsista da CAPES. e-mail: brainer\_bio@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Rondônia – CPAFRO - EMBRAPA/Rondônia. e-mail: rodrigo@cpafro.embrapa.br

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Rondônia – CPAFRO - EMBRAPA/Rondônia. e-mail: victor.souza@embrapa.br

<sup>5</sup> Graduando em Licenciatura em Ciências: Química e Biologia, UFAM/Itacoatiara joaozinhosantosjb15@hotmail.com

Coefficientes de correlação simples são eficazes em quantificar a magnitude e direção das influências entre duas variáveis, porém, não retratam a relação funcional entre elas. A análise de trilha que considera os efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre uma variável principal, a partir da decomposição das correlações entre elas e, a análise de correlações canônicas, que estima a máxima correlação entre dois complexos de variáveis, são métodos que permitem averiguar a relação causa-efeito (CRUZ et al., 2012).

Assim o objetivo foi quantificar e caracterizar a relação entre caracteres explicativos físicos e químicos de frutos de pupunha sobre o caráter tido como principal, percentual de fibra. Ainda, desejou-se compreender a inter-relação entre os dois complexos de variáveis, químicas e físicas, associadas ao fruto.

## Material e Métodos

Foram adquiridos nas feiras livres de Porto Velho, Rondônia, oitenta e cinco cachos de pupunha no período de safra, em que cada um representou um acesso diferente. Dos cachos foram retirados de 40 a 50 frutos, pesados em balança analítica, para a avaliação da massa fresca. Após a pesagem, os frutos foram cortados ao meio e separadamente, pesados a polpa e as sementes. De cada um dos frutos foram retiradas, dependendo do tamanho, amostras correspondentes a 1/4 ou 1/8 da polpa (mesocarpo + epicarpo) para as análises químicas, que foram realizadas nos laboratórios do Centro de Pesquisas Agroflorestais da Embrapa – Rondônia.

O teor de matéria seca foi determinado após a secagem em estufa, a 65°C, até peso constante. O teor de óleo foi determinado a partir de 5,0 g de amostra em extrator Soxhlet, com éter petróleo como solvente, por 5 horas. O teor de cinzas foi determinado a partir de amostras de 1,0 g, após queima em forno tipo mufla a temperatura de 550°C, por 3 horas. Para a determinação do teor de proteína bruta utilizou-se 1,0 g de material seco desengordurado. Este teor foi estimado indiretamente multiplicando-se o fator de conversão universal (6,25) pelo teor do nitrogênio total, que foi determinado pelo método microkjeldahl. Para a determinação da fibra bruta foram utilizadas amostras de 1,0 g de material seco desengordurado submetidas a digestões ácida e básica. Os teores de óleo, fibra, proteína e cinzas foram determinados pelos métodos analíticos da AOAC (1992), sendo estas últimas variáveis tidas como caracteres químicos do fruto de pupunha.

Estimativas de correlações fenotípicas entre as oito variáveis analisadas foram obtidas para posterior decomposição em efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha e, uso na associação dos complexos variáveis químicas com físicas. Pelo critério de Montgomery e Peck (1981) detectou-se colinearidade fraca. As análises foram executadas pelo programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

## Resultados e Discussão

Em maioria, as variáveis explicativas apresentaram estimativas de correlação fenotípica significativas e medianas com a variável principal teor de fibras ( $|0,573| < r < |0,709|$ ) (Tabela 1). Massa do fruto, espessura de polpa e percentual de polpa correlacionaram negativamente com fibra bruta, existindo a tendência de se aumentar os valores para estas variáveis explicativas e diminuir-se o teor de fibras do fruto de pupunha. Já o aumento nos teores de óleo e proteína tendem a incrementar os teores de fibra nos frutos. Mas estas relações e graus de importância de efeitos são melhores compreendidos sob a ótica da análise de trilha.

Tabela 1. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos da massa fresca do fruto, matéria seca, massa da semente, espessura da polpa, percentual de polpa, de óleo, de cinzas e de proteína sobre o percentual de fibra bruta.

Variáveis	Efeito Direto	Efeito indireto								r
		Massa fresca	Matéria seca	Massa semente	Espessura polpa	Polpa	Óleo	Cinza	Proteína	
Massa fresca	-0,214	-	0,130	-0,078	0,186	-0,390	-0,144	0,012	-0,100	-0,597*
Matéria seca	-0,258	0,108	-	0,043	-0,094	0,238	0,137	-0,119	0,015	0,071 <sup>ns</sup>
Massa semente	-0,106	-0,158	0,105	-	0,114	-0,233	-0,094	0,012	-0,060	-0,420*
Espessura polpa	0,209	-0,191	0,116	-0,058	-	-0,432	-0,148	0,002	-0,109	-0,610*
Polpa	-0,498	-0,168	0,123	-0,050	0,181	-	-0,166	0,001	-0,132	-0,709*
Óleo	0,220	0,140	-0,160	0,045	-0,141	0,376	-	-0,022	0,115	0,573*
Cinza	0,191	-0,014	0,160	-0,006	0,003	-0,002	-0,025	-	0,047	0,354*

Proteína	0,221	0,098	-0,018	0,029	-0,103	0,298	0,115	0,041	-	0,679*
R <sup>2</sup>	0,723									
Resíduo	0,526									

r: Correlação fenotípica; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação. \*(P < 0,01); <sup>ns</sup>(P > 0,05), pelo teste t.

A matéria fresca do fruto, espessura da polpa, teor de óleo e teor de proteína exibiram efeitos diretos que captaram boa parte da correlação destas com a principal, teor de fibras, indicando estas variáveis importantes para serem usadas em seleção indireta para diminuição do teor de fibras dos frutos.

Embora o modelo causa-efeito entre variáveis explicativas e principal tenham exibido bom ajustamento (R<sup>2</sup> = 0,723) e por conseguinte, mostrou que boa parte da fração da variação no teor de fibras foi explicada, o efeito residual (=0,526) demonstra que outras variáveis podem ser tão importantes quanto estas para captar a variabilidade da quantidade de fibras do fruto.

Nenhuma variável explicativa teve efeito direto maior que o efeito residual, no entanto, o percentual de polpa foi o caráter que mais contribuiu direta e proporcionalmente com a quantidade de fibras (= -0,498) e indiretamente, na maioria das relações, superando, em alguns casos, duas vezes o efeito direto das outras variáveis explicativas. Inclusive foi a variável que exibiu correlação fenotípica de maior magnitude (negativa). Existe a tendência de frutos com muita polpa apresentarem menor quantidade de fibra (r = -0,709). Assim, mostrou ser a variável, dentre as avaliadas, a mais importante para a prática da seleção indireta (ou simultânea) sobre a quantidade de fibras do fruto de pupunha.

A Tabela 2 exibe a formação de dois pares canônicos significativos (1º e 2º), capazes de melhor explicar a relação entre os complexos variáveis químicas e físicas de frutos de pupunha. Pelo primeiro par canônico verificou-se que árvores cujos frutos apresentam menor teor de óleo tendem a ser aquelas cujas pupunhas possuem mais polpa (mesocarpo + epicarpo) e menor quantidade de matéria seca, o que nos leva a crer que a presença de umidade nos frutos é característico e peculiar dessa palmeira. Conforme afirma Clement (2000) o mesocarpo da pupunha é determinado pela quantidade de água, amido, fibra e óleo.

Pelo segundo par canônico observou-se que pupunhas que exibem menor quantidade de matéria seca e menos polpa tendem a ser mais fibrosas.

Tabela 2. Correlações canônicas e pares canônicos estimadas entre os caracteres químicos (Grupo I) e físicos (Grupo II) em frutos de pupunha.

Grupo	Caráter	Pares Canônicos			
		1º	2º	3º	4º
I	Óleo	<b>-0,734</b>	0,294	0,730	0,853
	Fibra	-0,278	<b>0,651</b>	1,444	0,0167
	Cinza	0,437	0,439	-0,681	0,729
	Proteína	0,033	0,273	-0,831	-1,090
II	Matéria seca	<b>-0,583</b>	<b>-1,019</b>	-0,102	-0,022
	Espessura polpa	-0,101	0,261	1,256	-2,552
	Massa fresca	0,139	-0,242	-1,291	1,338
	Massa semente	-0,028	-0,184	-0,618	-0,637
	Polpa	<b>0,564</b>	<b>-0,939</b>	0,314	1,443
Correlação canônica		0,862*	0,797*	0,156 <sup>ns</sup>	0,088 <sup>ns</sup>

\*(P < 0,01); <sup>ns</sup>(P > 0,05), pelo teste de  $\chi^2$  (qui-quadrado).

Em negrito as associações de melhor interpretação biológica.

### Agradecimentos

À FAPEAM e ao CNPq pelo apoio financeiro. À CAPES pela bolsa de mestrado concedida e ao Centro de Pesquisas Agroflorestais da Embrapa (RO) pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

### Referências

- Arckoll DB and Aguiar JPL (1984) Peach palm (*Bactris gasipaes* HBK) a new source of vegetable oil from wet Tropics. *Journal of the science of food and agriculture* 35: 520-526.
- Clement CR and Mora Urpi JE (1987) Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): Multi-use Potential for the Lowland Humid Tropics. *Economic Botany* 41: 302-311.
- Clement CR, Aguiar JPL and Arckoll DB (1998) Composição química do mesocarpo e do óleo de três populações de pupunha (*Bactris gasipaes*) do Rio Solimões, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 20:115-118.
- Clement CR and Arckoll DB (1991) The pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK Palmae) as an oil crop: Potential and breeding strategy. *Oleagineux* 46: 293-299.
- Clement, CR. (2000) Pupunha. In: Clay, JW; Sampaio, PTB.; Clement, CR. *Biodiversidade Amazônica*. Manaus: INPA, p. 82-99.
- Clement, CR; et al. Domestication and breeding of pejibaye. In: Borém, A; Lopes, MTG; Clement, CR.; Noda, H. (Org.) (2012) *Domestication and breeding: Amazonian species*. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, p. 363-394.
- Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2012) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Editora UFV, 514p.
- Ferreira FM, Barros WS, Silva FL, Barbosa MHP, CRUZ CD, Bastos IT (2007) Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. *Bragantia* 66: 605-610.
- Montgomery DC, Peck EA (1981) *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons, New York, 504p.