

Relação entre o número de cladódio, altura, idade de planta de *Opuntia ficus-indica* e dose de adubação orgânica

Leandro R.R. Lucena¹ Maurício L.M.V. Leite²
GEFOR, UAST – UFRPE, 56.909-535, Serra Talhada/PE.

João P.F. Ramos³
EMEPA, PB, 58.000-000, Soledade/PB.

Resumo. A palma forrageira destaca-se como alimento estratégico para os ruminantes, e seu cultivo tem potencial de apresentar as maiores produtividades de fitomassa no Semiárido brasileiro, em condições de sequeiro. Objetivou-se relacionar o número de cladódio com altura e a idade de planta de (*Opuntia ficus-indica*) para diferentes doses de adubo orgânico utilizando o modelo linear generalizado com distribuição gamma. Para caracterização morfométrica da palma utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco doses de adubo orgânico (0, 5, 10, 15, 20 $Mg\ ha^{-1}$) e quatro repetições. Foram realizadas, a cada 60 dias após o plantio (DAP), as avaliações de crescimento vegetativo da palma forrageira, através de mensurações de altura de planta (AP) e número de cladódios por planta (NC). Observou-se aos 360 DAP que a maior dose do adubo orgânico promoveu um incremento no número de cladódios de 73,68% em comparação a ausência de adubação. Verificou-se que existe uma correlação positiva entre o NC e AP, DAP, respectivamente. O modelo estimado apresentou R^2 de 94,34% e AIC de 46,50. A adubação orgânica incrementa o número de cladódios e altura de planta de *Opuntia ficus-indica*. Existe uma relação entre o número de cladódio, altura e idade de planta explicada pelo modelo linear generalizado com distribuição gamma.

Palavras-chave: Características morfométricas; Distribuição gamma; Modelo linear; Palma forrageira.

¹leandroricardo_est@yahoo.com.br

²nopalea21@yahoo.com.br

³jpemepapb@yahoo.com.br

1. Introdução

A pecuária representa uma das mais importantes atividades sócio-econômicas para o Semiárido brasileiro, tendo em vista a diversidade de recursos naturais presentes em sua área, sendo um dos principais fatores para a garantia da segurança alimentar das famílias rurais e geração de emprego e renda na região.

Segundo Leite et al. (2014), apesar do enorme potencial da criação de ruminantes nesta região, os indicadores zootécnicos atuais são muito baixos, reflexo, principalmente, das carências nutricionais que os animais são submetidos, em razão de fatores como a baixa disponibilidade e qualidade das forragens ao longo do ano, consequência direta da elevada variabilidade das chuvas, alta evapotranspiração, baixa capacidade de suporte forrageiro das caatingas, do manejo e aproveitamento inadequado das pastagens, além do reduzido uso de tecnologias de convivência com as secas. A situação crítica anual de limitações hídricas torna-se mais dramática pela ocorrência de secas periódicas, com reduções drásticas dos índices pluviométricos.

O desafio neste ambiente de semiaridez é a adoção de sistemas de produção animal que sejam sustentáveis no tempo, e que apresentem, também, competitividade, com melhores indicadores zootécnicos e de mérito financeiro. A produção de forragens constitui um dos maiores desafios tecnológicos enfrentados pela pecuária de ruminantes praticada na região.

Neste contexto, a palma forrageira destaca-se como alimento estratégico para os ruminantes, e seu cultivo tem potencial de apresentar as maiores produtividades de fitomassa no Semiárido brasileiro, em condições de sequeiro, sendo uma das principais estratégias para contornar a sazonalidade de produção de forragem (Dubeux Jr et al., 2010).

A palma forrageira, devido ao elevado rendimento de fitomassa e adaptabilidade às condições edafoclimáticas, vem sendo largamente cultivada na região semiárida do Brasil, notadamente nas bacias leiteiras, sendo as maiores áreas de cultivo encontradas nos Estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Sergipe (Leite et al., 2014).

Sales et al. (2013) constataram produção de 35 ton ha^{-1} de matéria seca de palma adubada, colhida aos 710 dias após o plantio, em sequeiro, nas condições edafoclimáticas do Cariri paraibano, evidenciando que o principal fator limitante à produtividade desta cactácea não é a chuva e sim a fertilidade do solo.

Além de sua importância como forragem, a palma contribui para o atendimento de grande parte da necessidade de água exigida pelos ruminantes, o que a torna reserva estratégica de água para os animais no período seco do ano (Costa et al., 2009).

Diversas características morfológicas e estruturais, como altura de planta, número, ordem e área de cladódios se correlacionam positivamente com a produção de fitomassa da palma (Silva et al., 2011; Lobão et al., 2011).

Todavia, estudos sobre curvas de crescimento da palma forrageira ainda são incipientes. O conhecimento das curvas de crescimento de um vegetal fornece informações muito úteis da viabilidade do cultivo de uma espécie pela avaliação das taxas de crescimento (Lucena et al., 2016).

2. Objetivos

- Relacionar o número de cladódio com altura e a idade de planta de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) para diferentes doses de adubo orgânico utilizando o modelo linear generalizado com distribuição gamma

3. Metodologia

3.1 Dados

A pesquisa foi conduzida, em condições de campo, na Estação Experimental Pendência, da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), localizada na Mesorregião do Agreste paraibano, Microrregião do Curimataú Ocidental, município de Soledade, PB (7° 8' 18" S e 36° 27' 2" W), com altitude de 534 m.

Para caracterização morfométrica da palma forrageira utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco doses de adubo orgânico (0, 5, 10, 15, 20 $Mg\ ha^{-1}$) e quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de três fileiras de cinco plantas de palma forrageira, plantadas no espaçamento 1,5 m x 0,30 m. A área útil foi constituída pelas três plantas centrais.

Foi realizada adequação da área, através de limpeza do terreno e gradagem com trator de pneus. O plantio da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) cv. Gigante ocorreu em agosto de 2008, com um cladódio por cova, na posição

vertical, com a parte cortada voltada para o solo, a uma profundidade de 15 cm. A adubação orgânica foi realizada em cobertura, por ocasião do plantio, em uma única vez, com esterco caprino curtido, cuja caracterização química apresentou os seguintes resultados: $pH(H_2O) : 9,29$; $P : 1065 \text{ mg/dm}^3$; $K^+ : 3883 \text{ mg/dm}^3$; $Na^+ : 9,63 \text{ cmolc/dm}^3$; $H^+ + Al^{+3} : 3,80 \text{ cmolc/dm}^3$; $Ca^{+2} : 4,55 \text{ cmolc/dm}^3$; $Mg^{+2} : 3,80 \text{ cmolc/dm}^3$; $CTC : 22,24 \text{ cmolc/dm}^3$ e matéria orgânica: $110,60 \text{ g/kg}$.

Foram realizadas, a cada 60 dias após o plantio (DAP), as avaliações de crescimento vegetativo da palma forrageira, através de mensurações de altura de planta (AP) e número de cladódios por planta (NC). Para altura da planta, considerou-se o comprimento desde a extremidade do cladódio mais alto até o nível do solo, sendo utilizado fita métrica. Foi realizada a contagem de número de cladódios.

3.2 Modelos lineares generalizados

Os modelos lineares generalizados foram introduzidos por Nelder e Wedderburn (1972). Os modelos lineares generalizados apresentam uma característica em que a variável resposta tenha distribuição de probabilidade pertencente a classe de família exponencial. Seja Y_1, Y_2, \dots, Y_n variáveis aleatórias independentes, cada uma com função de densidade de probabilidade definida pela seguinte forma:

$$f(y_i; \theta_i; \phi) = \exp\{\phi\{y_i\theta_i - b(\theta_i)\} + c(y_i, \phi)\} \quad (3.1)$$

Se Y_i apresenta a forma acima denominamos de classe de família exponencial. Pode-se mostrar sob as condições usuais de regularidade

$$E\left\{\frac{\delta \log f(Y_i; \theta_i, \phi)}{\delta \theta_i}\right\} = 0$$

e

$$E\left\{\frac{\delta^2 \log f(Y_i; \theta_i, \phi)}{\delta \theta_i^2}\right\} = -E\left[\left\{\frac{\delta \log f(Y_i; \theta_i, \phi)}{\delta \theta_i}\right\}^2\right]$$

que, $E(Y_i) = \mu_i = b'(\theta_i)$ e $Var(Y_i) = \phi^{-1}V(\mu_i)$, onde $V(\mu_i) = \frac{d\mu_i}{d\theta_i}$ é a função de variância e $\phi^{-1} > 0$ ($\phi > 0$) é o parâmetro de dispersão.

Os modelos lineares generalizados são definidos pela equação (3.1) e pela parte sistemática

$$g(\mu_i) = \eta_i$$

onde, $\eta_i = X_i' \beta$ é o preditor linear, $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)'$, $p < n$, é um vetor de parâmetros desconhecidos a serem estimados, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})'$ representa os valores das variáveis explicativas e $g(\cdot)$ é uma função monótona e diferenciável, denominada função de ligação (Paula, 2004).

A estimação dos parâmetros em um modelo linear generalizado é definida pela maximização da função de log-verossimilhança, que é o logaritmo do produto da função de densidade de probabilidade definida na equação (3.1), ou seja,

$$L = \sum_{i=1}^n \log f(Y_i; \theta_i, \phi) = \sum_{i=1}^n \left\{ \phi \{y_i \theta_i - b(\theta_i)\} + c(y_i, \phi) \right\} \quad (3.2)$$

porém a solução dessa maximização desta função depende da utilização de métodos numéricos, como o método de Newton-Raphson (Paula, 2004). Aplicando o método de Newton-Raphson tem-se que a estimação dos parâmetros é definida por:

$$\hat{\beta}^{m+1} = (X' W^m X)^{-1} X' W^m z^m \quad (3.3)$$

em que $m=0,1,2,\dots$ é o passo iterativo, $\hat{\beta}^{m+1}$ é a estiva dos parâmetros na iteração m , X é a matriz dos valores da variáveis explicativas, W é a matriz de peso que muda a cada paso do processo iterativo e z é vetor ajustado da variável dependente na m -ésima iteração (Paula, 2004).

A qualidade do ajuste de um modelo linear generalizado é avaliada através da função desvio definida por:

$$D(y; \hat{\mu}) = 2 \sum_{i=1}^n \{y_i(\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) + (b(\hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i))\} \quad (3.4)$$

em que $\hat{\theta}_i = \theta_i(\hat{\mu}_i)$ e $\tilde{\theta}_i = \theta_i(\tilde{\mu}_i)$ são as estimativas de máxima verossimilhança de θ para os modelos com p parâmetros ($p < n$) e saturado ($p = n$), respectivamente. Tem-se ainda que $\hat{\mu}_i = g^{-1}(\hat{\eta}_i)$ onde $\hat{\eta}_i = X_i' \hat{\beta}$ e $\tilde{\mu}_i = y_i$.

Para avaliar a adequação do modelo linear generalizado foi utilizado o coeficiente de determinação do modelo (R^2) e o critério de informação de Akaike (Akaike, 1974).

O coeficiente de determinação do modelo é expresso pela razão entre a soma de quadrado do modelo (SQM) e a soma de quadrados total (SQT), ou seja,

$$R^2 = \frac{SQM}{SQT} = 1 - \frac{SQR}{SQT} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (3.5)$$

O critério de informação de Akaike (AIC) definido por

$$AIC = n \log\{D(y; \hat{\mu})/n\} + 2p \quad (3.6)$$

onde, $D(y; \hat{\mu}) = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$.

3.3 Função de distribuição Gamma

Seja Y uma variável aleatória com distribuição gamma de média μ e coeficiente de variação $\phi^{-\frac{1}{2}}$, denotamos $Y \sim G(\mu, \phi)$ cuja função de densidade de probabilidade é expressa por:

$$f(y_i; \mu, \phi) = \frac{1}{\Gamma(\phi)} \left(\frac{\phi y}{\mu}\right)^\phi \exp\left(-\frac{\phi y}{\mu}\right) d(\log y) \quad (3.7)$$

logo, a função de densidade de probabilidade da gamma na forma da família exponencial é dada por:

$$f(y_i; \mu, \phi) = \exp\left[\phi \left\{\left(\frac{-y}{\mu}\right) - \log \mu\right\} - \log \Gamma(\phi) + \phi \log(\phi y) - \log y\right] \quad (3.8)$$

onde, $y > 0$, $\phi > 0$, $\mu > 0$ e a função $\Gamma(\phi)$ é dada por:

$$\Gamma(\phi) = \int_0^\infty t^{\phi-1} e^{-t} dt$$

utilizando a integração por partes, tem-se que $\Gamma(\phi) = (\phi - 1)!$

Sejam Y_1, Y_2, \dots, Y_n variáveis aleatórias independentes tais que $Y_i \sim G(\mu_i, \phi)$. Suponha ainda que $g(\mu_i) = \eta_i$ com $\eta_i = X_i' \beta$, $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})'$ um vetor com valores das variáveis explicativas e $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)'$ o vetor de parâmetros. Utilizando a função de ligação $\mu_i = \eta_i$ tem-se que a estimativa dos parâmetros β é dado por:

$$\beta^{m+1} = (X' W^m X)^{-1} X' W^m z^m \quad (3.9)$$

onde, $m = 0, 1, \dots$ é o passo da iteração, $z = \eta + W^{-\frac{1}{2}} V^{-\frac{1}{2}} (y - \mu)$, $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)'$, $y = (y_1, \dots, y_n)'$, $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)'$, $V = \text{diag}\{\mu_1, \dots, \mu_n\}$ e $W = \text{diag}\{w_1, \dots, w_n\}$ com $w_i = \frac{\left(\frac{d\mu_i}{d\eta_i}\right)^2}{\mu_i}$

4. Resultados

Verifica-se na Tabela 1 os valores das médias, desvio padrão e coeficiente de variação do número de cladódio por planta de *Opuntia ficus-indica* para as diferentes doses de adubo orgânico.

Tabela 1: Medidas descritivas do número de cladódio por planta de *Opuntia ficus-indica* submetidas as diferentes doses de adubo orgânico em diferentes períodos de avaliação (DAP)

Dose	Número de cladódio		
	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação
Dose 0 Mg ha⁻¹			
60 DAP	0,63	0,25	0,40
120 DAP	0,75	0,29	0,39
180 DAP	1,50	0,41	0,27
240 DAP	3,00	0,82	0,27
300 DAP	4,13	0,63	0,15
360 DAP	4,75	0,87	0,18
Dose 5 Mg ha⁻¹			
60 DAP	0,38	0,48	1,27
120 DAP	0,63	0,95	1,51
180 DAP	1,75	0,87	0,49
240 DAP	3,13	2,09	0,67
300 DAP	4,25	2,50	0,59
360 DAP	6,25	2,53	0,41
Dose 10 Mg ha⁻¹			
60 DAP	0,75	0,96	1,28
120 DAP	1,38	0,95	0,69
180 DAP	1,88	0,48	0,26
240 DAP	3,00	0,41	0,14
300 DAP	4,63	1,18	0,26
360 DAP	7,25	3,20	0,44
Dose 15 Mg ha⁻¹			
60 DAP	0,75	0,65	0,86
120 DAP	1,00	0,41	0,41
180 DAP	3,00	1,22	0,41
240 DAP	4,13	0,85	0,21
300 DAP	6,25	1,44	0,23
360 DAP	7,88	4,15	0,53
Dose 20 Mg ha⁻¹			
60 DAP	0,63	0,63	1,00
120 DAP	1,00	1,00	1,00
180 DAP	3,38	1,18	0,35
240 DAP	4,00	1,35	0,34
300 DAP	6,50	2,27	0,35
360 DAP	8,25	2,40	0,29

Na Tabela 1 observa-se aos 360 DAP que a maior dose do adubo orgânico

promoveu um incremento no número de cladódios de 73,68% em comparação a ausência de adubação.

Verifica-se na Tabela 2 os valores das médias, desvio padrão e coeficiente de variação da altura de planta de *Opuntia ficus-indica* para as diferentes doses de adubo orgânico.

Tabela 2: Medidas descritivas da altura de planta de *Opuntia ficus-indica* submetidas as diferentes doses de adubo orgânico em diferentes períodos de avaliação (DAP)

Dose 0 $Mg\ ha^{-1}$	Altura de Planta		
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de Variação
60 DAP	25,50	5,40	0,21
120 DAP	29,63	4,50	0,15
180 DAP	29,88	9,49	0,32
240 DAP	50,25	15,52	0,31
300 DAP	64,38	12,86	0,20
360 DAP	74,63	15,11	0,20
Dose 5 $Mg\ ha^{-1}$			
60 DAP	25,25	8,85	0,35
120 DAP	27,63	11,80	0,43
180 DAP	38,50	12,07	0,31
240 DAP	46,00	18,01	0,39
300 DAP	51,30	20,67	0,40
360 DAP	73,25	6,22	0,08
Dose 10 $Mg\ ha^{-1}$			
60 DAP	32,25	8,17	0,25
120 DAP	31,63	11,44	0,36
180 DAP	31,00	7,07	0,23
240 DAP	41,38	11,26	0,27
300 DAP	49,50	12,01	0,24
360 DAP	70,63	16,71	0,24
Dose 15 $Mg\ ha^{-1}$			
60 DAP	29,00	4,20	0,14
120 DAP	32,13	4,59	0,14
180 DAP	44,00	4,95	0,11
240 DAP	57,13	10,14	0,18
300 DAP	72,00	9,57	0,13
360 DAP	87,25	17,27	0,20
Dose 20 $Mg\ ha^{-1}$			
60 DAP	25,13	5,30	0,21
120 DAP	28,75	7,03	0,24
180 DAP	43,13	6,39	0,15
240 DAP	54,38	22,10	0,41
300 DAP	70,88	26,72	0,38
360 DAP	89,63	12,33	0,14

Na Tabela 2 observa-se aos 360 DAP que a maior dose do adubo orgânico promoveu um incremento na altura de planta de 20,10% em comparação a ausência de adubação.

Verifica-se que a maior média do número de cladódio se deu quando utilizado a dose de 20 $Mg\ ha^{-1}$, enquanto que a menor média foi relacionada a dose de 0 $Mg\ ha^{-1}$ (Tabela 1). Para a altura de planta observa-se que as maiores médias foram atribuídas as maiores doses, enquanto que as menores médias ocorreram com as menores doses de adubo (Tabela 2).

Na Tabela 3 verifica-se que existe uma correlação positiva entre o NC e AP, a medida que a planta aumenta sua altura aumenta o número de cladódio, NC e DAP, quanto maior a idade da planta maior o número de cladódio. Nota-se ainda que não existe uma correlação entre NC e ADUB.

Tabela 3: Matriz de correlação entre o número de cladódio (NC), altura de planta (AP), idade (DAP) de *Opuntia ficus-indica* e dose de adubo orgânico (ADUB)

	AP	DAP	ADUB
NC	0,97($p < 0,0001$)	0,93($p < 0,0001$)	0,25($p = 0,1899$)
AP		0,92($p < 0,0001$)	0,16($p = 0,3858$)
DAP			0,00($p = 1,0000$)

Verifica-se na Figura 1, que os valores estimados do NC utilizando dose de adubo 0 Mg ha^{-1} estão bem próximos dos valores observados, sugerindo uma relação bastante considerável entre NC e AP. Observa-se ainda que o poder de explicação (R^2) dessa relação foi da ordem de 97,4% e o critério de informação de Akaike (AIC) foi de 11,206, sugerindo uma boa adequação do modelo.

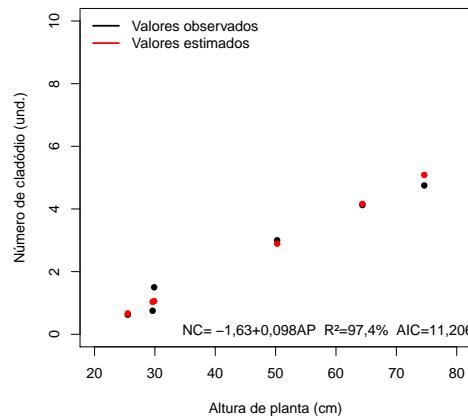


Figura 1: Relação entre o número de cladódio e a altura de planta *Opuntia ficus-indica* na ausência de adubação orgânica (0 Mg ha^{-1}).

Utilizando a dose de adubação de 5 Mg ha^{-1} , (Figura 2), observa-se que os valores estimados estão quase alinhados aos valores observados indicando uma boa adequação ($R^2 = 98,1\%$ e $AIC=1,74$) desse modelo.

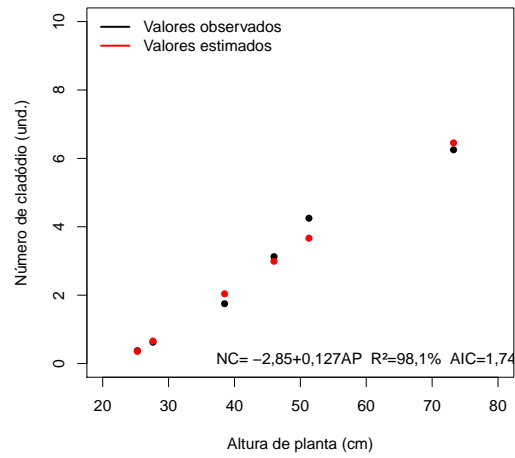


Figura 2: Relação entre o número de cladódio e a altura de planta *Opuntia ficus-indica* utilizando dose de adubação orgânica 5 Mg ha^{-1} .

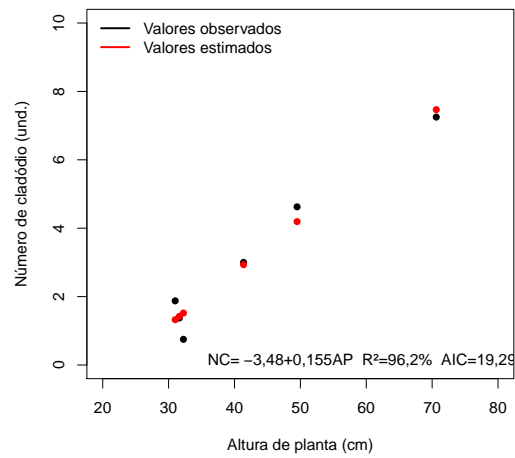


Figura 3: Relação entre o número de cladódio e a altura de planta *Opuntia ficus-indica* utilizando dose de adubação orgânica 10 Mg ha^{-1} .

Na Figura 3 observa-se que para alturas de plantas inferiores a 40 cm as estimativas do número de cladódio geradas pelo modelo não foram satisfatórias, já quando a planta atinge uma altura superior a 40 cm os ajustes passaram a ser quase idênticos aos observados. Nota-se ainda que a relação entre número de cladódio e altura de planta a dose de adubação de 10 Mg ha^{-1} apresentou $R^2 = 96,2\%$ e $\text{AIC}=19,29$.

Utilizando a dose de adubação de 15 Mg ha^{-1} observa-se na Figura 4 que a relação entre o número de cladódio e a altura de planta foi a que mais apresentou semelhança entre os valores observados e os ajustados. Nota-se ainda que tal relação apresentou o maior poder de explicação ($R^2 = 99,3\%$) e menor $\text{AIC} = 0,35$ que as demais relações supracitadas.

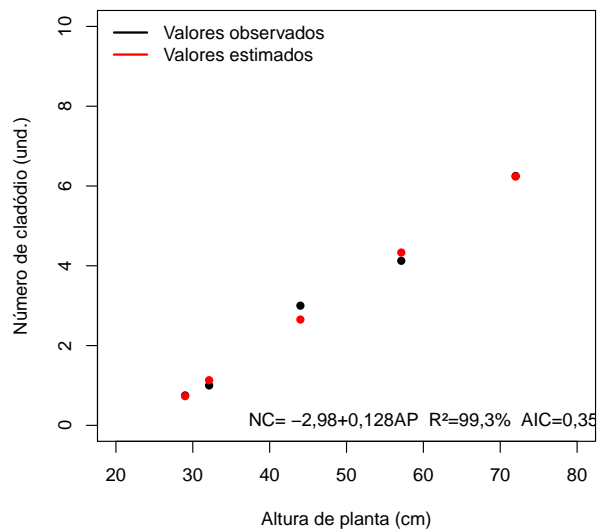


Figura 4: Relação entre o número de cladódio e a altura de planta *Opuntia ficus-indica* utilizando dose de adubação orgânica 15 Mg ha^{-1} .

Quando avaliado a dose de adubação de 20 Mg ha^{-1} , nota-se uma ótima relação entre número de cladódio e altura de planta (Figura 5). Tal relação apresentou alto poder de explicação ($R^2 = 98,7\%$) e baixo $\text{AIC} = 3,18$.

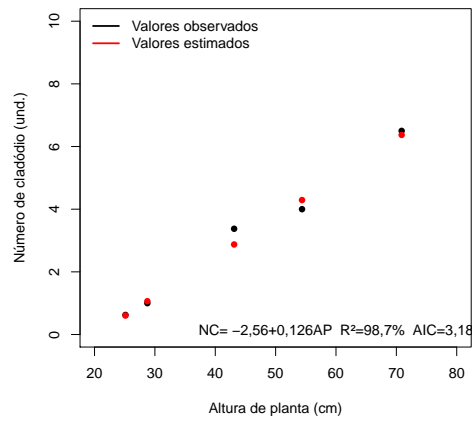


Figura 5: Relação entre o número de cladódio e a altura de planta *Opuntia ficus-indica* utilizando dose de adubação orgânica 20 Mg ha^{-1} .

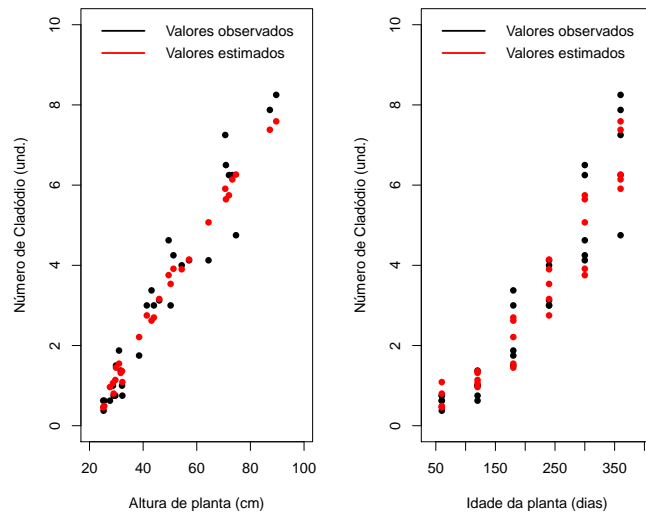


Figura 6: Relação entre o número de cladódio, altura de planta e idade de *Opuntia ficus-indica*.

Na Figura 6 observa-se a relação entre o número de cladódio, altura e idade da planta. Nota-se que os valores estimados pelo modelo linear generalizado com distribuição gamma estão bem semelhante aos valores observados.

A relação entre o número de cladódio (NC), altura de planta (AP) e idade (DAP) de *Opuntia ficus-indica* pode ser explicada através da equação 4.10

$$NC = -2,05 + 0,09AP + 0,005DAP \quad (4.10)$$

O modelo supracitado apresentou coeficiente de adequação de 94,34% e critério de informação de Akaike de 46,50. Utilizando esses dois critérios de adequação do modelo R^2 e AIC, pode-se dizer que existe uma relação bastante adequada para explicar o número de cladódio em função da altura de planta e da idade de *Opuntia ficus-indica* independente da dose de adubação orgânica.

5. Conclusões

A adubação orgânica incrementa o número de cladódios e altura de planta de *Opuntia ficus-indica*, podendo ser recomendada como prática de manejo desta cultura. Existe uma relação entre o número de cladódio, altura e idade de planta explicada pelo modelo linear generalizado com distribuição gamma.

Referências

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19:716–723.
- Costa, R. G., Beltrão Filho, E. M., Medeiros, A. N., P. E, N. G., Queiroga, R. C. . E., e Melo, A. A. S. (2009). Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. *Small Ruminant Research*, 82(1):62–65.
- Dubeux Jr, J. C. B., Filho, J. T. A., Santos, M. V. F., Lira, M. A., Santos, D. C., e Pessoa, R. A. S. (2010). Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - clone ipa-201s. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(1):129–135.

- Leite, M. L. M. V., Silva, D. S., Andrade, A. P., Pereira, W. E., e Ramos, J. P. F. (2014). Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. *Revista Caatinga*, 27(2):192–200.
- Lobão, E. S. P., Andrade, A. P., Pinto, T. F., Lima Júnior, I. O., Teixeira Filho, L. S., Campos, F. S., e Bezerra, H. F. C. (2011). Modelo para a estimativa de massa verde de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). In *XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Mai 23-27*, Maceió/AL, Brasil.
- Lucena, L. R. R., Leite, M. L. M. V., Pereira, J. S., e Cavalcante, A. B. (2016). Ajuste de curvas de crescimento do comprimento do cladódio de *Nopalea cochenillifera*. *Biomatemática*, 26:39–52.
- Nelder, J. A. e Wedderburn, R. W. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society A*, 135:370–384.
- Paula, G. A. (2004). *Modelo de Regressão com Apoio Computacional*. IME-USO, S.Paulo.
- Sales, A. T., Leite, M. L. M. V., Alves, A. Q., Ramos, J. P. F., e Nascimento, J. P. (2013). Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no curimataú paraibano. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 7(1):19–24.
- Silva, G. M., Gomes, E. S., Góis, R. L. T., Mota, F. F. M., Souza, N. O. B., Martuscello, J. A., e Cunhas, D. N. F. V. (2011). Correlações do peso com medidas de comprimento, largura, espessura, área e volume de cladódios de palma forrageira cultivar miúda. In *XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Mai 23-27*, Maceió/AL, Brasil.