



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IZAIAS DE MACÊDO BARROS

**MODELAGEM DE CRESCIMENTO DA CHIA NO SUL
DO ESTADO DO TOCANTINS**

Gurupi/TO
2021

IZAIAS DE MACÊDO BARROS

**MODELAGEM DE CRESCIMENTO DA CHIA NO SUL
DO ESTADO DO TOCANTINS**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Machado Haesbaert

Gurupi/TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- B277m Barros, Izaías de Macêdo.
MODELAGEM DE CRESCIMENTO DA CHIA NO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS. / Izaías de Macêdo Barros. – Gurupi, TO, 2021.
39 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Agronomia, 2021.
Orientador: Fernando Machado Haesbaert
1. Modelos não lineares. 2. Chia (*Salvia hispanica* L.). 3. Tocantins. 4. Crescimento vegetal. I. Título

CDD 630

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

IZAIAS DE MACÊDO BARROS

**MODELAGEM DE CRESCIMENTO DA CHIA NO SUL DO
ESTADO DO TOCANTINS**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT –
Universidade Federal do Tocantins – Campus
Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia e aprovada em sua forma final pelo
Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 20 / 04 / 2021

Banca Examinadora



Prof. Dr. Fernando Machado Haesbaert, UFT



Prof^a. Dra. Moab Diany Dias, UFT



Prof^a. Dra. Niléia Cristina da Silva, UFT

Gurupi, 2021

*A Deus eu dedico essa conquista, pois,
sem ELE eu jamais teria alcançado.*

*Dedico também a minha família. Em
especial a minha mãe Doraci, ao meu
pai Adevaldo, e aos meus irmãos
Gustavo e Alessandra, que sempre
estiveram comigo nessa caminhada.*

Essa conquista também é de vocês.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por estar sempre comigo ao longo de toda essa caminhada. Agradecer a minha família, meus irmãos, meus pais que sempre me motivaram a acreditar nos meus sonhos. Amo vocês e essa conquista é nossa. Obrigada pai, obrigada mãe. Quando se tem fé em Deus, coragem e determinação, tudo é possível.

Quero também deixar registrado aqui, os meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Fernando Machado Haesbaert que sempre me orientou e depositou total confiança no meu trabalho. Nunca mediu esforços para me ajudar, sempre me mostrou o melhor caminho a ser trilhado dentro de uma pesquisa.

Agradecer ao CNPq pela bolsa fornecida durante toda a pesquisa. A UFT, por possibilitar o desenvolvimento da pesquisa, e oportunidades de reconhecimento do trabalho por meio de apresentações em congressos. Muito obrigado por fazerem parte da minha história.

RESUMO

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta herbácea de ciclo anual que pode durar de 90 a 150 dias. É uma espécie de fácil adaptação. No Brasil o cultivo da chia é desenvolvido no estado do Mato Grosso, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. A semente da chia não apresenta glúten na sua composição. É um alimento de grande importância nutricional, rico em proteínas, fibras, carboidratos, vitaminas, minerais e antioxidantes. Devido aos benefícios nutricionais da semente, a chia é empregada na indústria alimentícia, farmacêutica e na produção de ração animal. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento da chia utilizando modelos matemáticos não lineares, a fim, de determinar as relações lineares entre caracteres agrônômicos de chia. O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo vermelho, profundo, ácido e de textura franco-arenosa. As sementes foram plantadas em uma área de 300 m² com 15m x 20m e espaçamento entre linhas de 0,50m, com densidade de semeadura de 1g a cada 20m lineares. Após emergência das plântulas, foram selecionadas 120 plantas aleatoriamente para avaliação dos caracteres morfológicos: altura de planta (AP), diâmetro do caule da planta (DC), número de folhas (NF), número de ramificações (NR). Todos os dados foram coletados a cada 4 dias (96 horas), por um período de 80 dias. Para avaliação dos caracteres analisados na cultivar da chia, utilizou-se modelos matemáticos não lineares de crescimento. Os modelos utilizados foram: logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Richards. O estudo realizado com a cultura da chia no sul do Estado do Tocantins apresentou bons resultados. A chia exibiu desenvolvimento satisfatório, dentro dos padrões de crescimento registrados na literatura. Todos os modelos matemáticos apresentaram ajuste aos caracteres avaliados. Contudo, o melhor ajuste da curva de crescimento da chia foi demonstrado pelo modelo logístico. Logo, conclui-se, que o modelo logístico é uma ferramenta útil e viável na descrição do crescimento da chia cultivada no sul do Estado do Tocantins. O que desperta interesse científico em testar a logística em outras cultivares similares.

Palavras-chaves: Modelos não lineares. Chia (*Salvia hispanica* L.). Tocantins. Crescimento vegetal.

ABSTRACT

Chia (*Salvia hispanica* L.) is an herbaceous plant with an annual cycle that can last from 90 to 150 days. It is a kind of easy adaptation. In Brazil the cultivation of chia is developed in the states of Mato Grosso, Minas Gerais and Rio Grande do Sul. The chia seed does not contain gluten in its composition. It is a food of great nutritional importance, rich in proteins, fibers, carbohydrates, vitamins, minerals and antioxidants. Due to the nutritional benefits of the seed, chia is used in the food, pharmaceutical and animal feed industries. The present study aimed to evaluate the growth and development of chia using non-linear mathematical models, in order to determine the linear relationships between the agronomic characters of chia. The experiment was installed on soil classified as Red Latosol, deep, acidic and with a sandy-loam texture. The seeds were planted in an area of 300 m² with 15m x 20m and spacing between lines of 0.50m, with sowing density of 1g every 20m linear. After seedling emergence, 120 plants were selected at random to evaluate the morphological characters: plant height (AP), plant stem diameter (DC), number of leaves (NF), number of branches (NR). All data were collected every 4 days (96 hours), for a period of 80 days. To evaluate the characters analyzed in the cultivar chia, non-linear mathematical models of growth were used. The models used were: logistic, Gompertz, Von Bertalanffy and Richards. The study carried out with the culture of chia in the south of the State of Tocantins showed good results. Chia showed a satisfactory development, within the growth patterns recorded in the literature. All mathematical models showed adjustment to the evaluated characters. However, the best fit of the chia growth curve was demonstrated by the logistic model. Therefore, it is concluded that the logistic model is a useful and viable tool to describe the growth of chia grown in the south of the State of Tocantins. What arouses scientific interest in testing the logistics in other similar cultivars.

Keywords: Nonlinear models. Chia (*Salvia hispanica* L.). Tocantins. Plant growth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Preparo da área experimental e implantação do experimento.....	22
Figura 2 – Plantas com 15 dias após emergência e etiquetas (A) e avaliação de plantas com 31 dias após emergência (B).....	23
Figura 3 – Plantas com 48 dias após a emergência (A) e plantas com 60 dias após emergência, iniciando fase reprodutiva (B).....	24
Figura 4 – Plantas com 68 dias após a emergência(A) e plantas com 80 dias após a emergência(B).....	24
Figura 5 – Amostra destrutiva para análise de matéria seca (MS).....	25
Figura 6 – Altura de plantas (AP) em função dos dias após a emergência (DAE).....	32
Figura 7 – Diâmetro do Caule em função dos dias após a emergência (DAE).....	33
Figura 8 – Número de folhas em função dos dias após a emergência (DAE).....	33
Figura 9 – Número de Ramos (NR) em função dos dias após a emergência (DAE).....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos de regressão não linear para descrever curvas de crescimento de plantas de chia (<i>Salvia hispânica</i> L.)	26
Tabela 2 - Estatística descrita de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de ramos (NR). UFT, 2018.....	29
Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros, coeficiente de determinação (R ²) e quadrado médio do resíduo (QMR). Seguindo modelos estudados para as médias de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de Ramos (NR). UFT, 2018.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Altura de Planta
DC	Diâmetro do Caule
NF	Número de Folhas
NR	Número de Ramos
CI	Comprimento De Inflorescência
NI	Número de Inflorescência
MS	Massa Seca
DAE	Dias Após Emergência
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
MMG	Massa de Mil Grãos
RGP	Rendimento em Gramas por Planta
DMA	Desvio Médio Absoluto
AIC	Critério de Informação de Akaike
QMR	Quadrado Médio do Resíduo
SQR	Soma dos Quadrados de Resíduos
QME	Quadrado Médio do Erro
DPR	Desvio Padrão Residual
SQT	Soma dos Quadrados de Tratamentos
UFT	Universidade Federal do Tocantins

LISTA DE SÍMBOLOS

n	Número de observações
p	Número de parâmetros
α	Alfa
β	Beta
μ	Mi
γ	Gama

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Cultura da chia	17
3.2 Modelo de regressão logística	18
3.3 Modelo de Gompertz.....	19
3.4 Modelo de Von Bertalanffy.....	20
3.5 Modelo de Richards.....	21
4. METODOLOGIA	22
4.1 Local e correção da área experimental.....	22
4.2 Instalação do experimento e plantio da cultura <i>Salvia hispânica L.</i>	22
4.3 Emergência e coleta de dados das plantas de <i>Salvia hispânica L.</i>	23
4.4 Determinação dos caracteres produtivos	25
4.5 Modelos de regressões utilizados na avaliação de caracteres agronômicos	26
4.6 Relações lineares entre caracteres agronômicos.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

A Chia (*Salvia hispânica* L.) é uma planta herbácea de ciclo anual que pode durar de 90 a 150 dias. Uma espécie da família Lamiaceae que por sua vez, apresenta uma grande produção de antioxidantes, proteínas, fibra alimentar e ácidos graxos α -linolênico que trazem inúmeros benefícios a saúde humana. Esta espécie apresenta altos teores de ácido linoleico e α -linolênico, os quais representam a maior fonte natural vegetal de ácidos graxos, ômega-6 e ômega-3. Para a saúde humana esses componentes são importantes para prevenir doenças cardiovasculares (AYERZA et al., 2002; ZANATTA et al., 2016).

A cultura da chia possui alta flexibilidade adaptativa, tendo maior expressão de produtividade em regiões com precipitação mediana, sendo muito vigorosa em desenvolver-se em ambientes tropicais, que por sua vez são quentes e úmidos. A chia é uma cultivar adaptada a regiões tropicais e subtropicais, possui maior afinidade por solos arenosos e ácidos, sendo intolerante a geadas (MIGLIAVACCA et al., 2014; MIRANDA, 2012).

A chia é uma planta de dias curtos sendo seu período de frutificação e crescimento dependente da latitude do local. A maior expressão do potencial produtivo da cultura da chia, depende do meio onde ela se desenvolve, sendo os primeiros 45 dias cruciais no controle de plantas daninhas, uma vez que, nesse período a cultura apresenta o crescimento lento e por consequência, baixa capacidade de competir por luz, água e nutrientes com as plantas daninhas. As flores desta planta podem ser roxas ou brancas hermafroditas e pequenas (3 a 4 mm), que após a fecundação formam um fruto em forma de aquênio indeiscente (DI SAPIO et al., 2012; RODRIGUES, 2016).

Informações sobre o manejo da cultura são escassas, uma vez que, grande parte dos trabalhos que relatam sobre a chia, estão diretamente relacionados ao estudo sobre o seu potencial nutritivo de óleos benéficos a saúde. Todavia, com o surgimento de novas áreas comerciais torna-se imprescindível a necessidade de informações detalhadas do crescimento e desenvolvimento desta cultura. Assim, o estudo da modelagem de crescimento da cultura é fundamental, pois, através desta, é possível realizar a previsão de crescimento e desenvolvimento da cultura bem como sua produtividade (MIGLIAVACCA et al., 2014).

A modelagem auxilia também na seleção de cultivares mais adaptadas a determinados ambientes, estimar períodos adequados de plantio, sendo todas estas variáveis determinadas a partir da quantificação dos padrões de crescimento submetidos a modelos estatísticos de crescimento e desenvolvimento. Com estas análises, é possível identificar em qual fase da

cultura obtém-se maior produção de matéria seca, como também demanda dos recursos naturais, como a água e demais nutrientes (BATISTA et al., 2013).

Os dois modelos matemáticos principais são, o empírico que pode ser descrito como correlativo ou estatístico, e o mecanístico que pode ser descrito como exploratório. Estes servem para relatar comportamento de planta baseado nas correlações das variáveis agronômicas, além de retratar o desempenho da planta de acordo com dados de crescimento e desenvolvimento da mesma (LESSA et al., 2013).

As relações lineares possuem extrema importância no estudo dos caracteres agronômicos que através de análise de correlação e análise de trilha, possibilitam a obtenção de medidas de relacionamento entre duas variáveis. Estudos de associações de caracteres podem ser utilizados para a seleção indireta de plantas com maiores produções de massas, bem como maior produção de grãos. No caso de relações existentes serem lineares, as análises de correlação de trilha e de regressão linear multivariada, possibilitam a obtenção de informações substanciais quanto à relação entre os caracteres (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010; CARGNELUTTI FILHO et al., 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Modelar o crescimento e desenvolvimento, e determinar as relações lineares entre caracteres agronômicos de chia.

2.2 Objetivo específico

- Avaliar modelos não-lineares para caracterizar o crescimento e desenvolvimento da chia;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura da chia

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta originária do norte da Guatemala e Sul do México. É uma planta considerada herbácea de ciclo anual, pertence à família da hortelã (*Labiatae*), e está na superdivisão de *Spermatophyta* e reino *Plantae*. Nos últimos anos, a chia passou a ser cultivada por outros países, contudo, o México é considerado o maior produtor de chia do mundo (MOHD et al., 2012; KNEZ et al., 2019).

A *Salvia hispanica* L. é caracterizada por apresentar flores pequenas e de coloração roxa ou branca, aglomeradas em formato de espigas auxiliares ou terminais. É uma planta que pode atingir até 1,5 m de altura, apresenta em sua estrutura talos com formato quadrangulares, e aspecto de vilosidades. As folhas são serrilhadas e pecioladas. Os frutos são caracterizados por conter quatro sementes de aproximadamente 2mm de diâmetro, são sementes com formato oval, aparência lisa, cor cinzenta e manchas em tons escuros irregulares (PAIVA, 2017).

O cultivo da chia no Brasil é desenvolvido no estado do Mato Grosso, Minas Gerais e em algumas regiões como noroeste do Rio Grande do Sul e oeste do Paraná. Segundo a literatura, a safra da chia nessas regiões tem proporcionado aos agricultores ótimos resultados. Contudo, apesar de obter resultados promissores no cultivo da chia no Brasil, há uma ausência significativa de informações literárias sobre as exigências nutricionais da planta e cultivo da mesma, visto que, os registros encontrados na literatura estão diretamente relacionados ao estudo da composição nutricional das sementes e aos benefícios que elas oferecem para a saúde humana e as perspectivas futuras (NUNES et al., 2017).

Estudos relatam a utilização da semente de chia na nutrição humana com alto valor nutricional, e empregabilidade da mesma como fonte de ração animal. Isso se deve aos benefícios encontrados na semente. É uma semente que não apresenta glúten na sua composição, o que a define como um alimento nutritivo e saudável. De acordo com a pesquisa já realizada, o teor de proteína encontrado na chia apresenta valor nutricional de 16,9% e 32,6% de fibra. A semente também apresenta alto teor de gorduras que varia de 30% a 33%, carboidratos entre 26% e 41%, além de ser rica em vitaminas, minerais e antioxidantes (KENZ et al., 2019).

Proporcionando efeitos benéficos, a semente de chia atua no controle e prevenção de diversas doenças crônicas, como obesidade, diabetes, regulação do intestino, doenças cardiovasculares, colesterol e triglicérides (NETO et al., 2019).

3.2 Modelo de regressão logística

O modelo de regressão logística foi desenvolvido ainda no século XIX. O mesmo tem como princípio básico atuar como um modelo simples e efetivo com a finalidade de descrever o crescimento de uma determinada população. Logo, o modelo de regressão logística, é caracterizado como uma técnica que permite explicar a relação entre uma variável dependente, e um conjunto de variáveis independentes (SOUZA, 2006).

Segundo Mesquita (2014), o modelo de regressão logística é um termo de transformação usado com a variável dependente, esta que possibilita avaliar e calcular espontaneamente a probabilidade da ocorrência do fenômeno em estudo. A variável dependente é considerada qualitativa binária. Ou seja, a variável resposta apresenta resultados de sucesso ou fracasso, aceitar ou rejeitar. Esse modelo pode ser aplicado no estudo de avaliação do crescimento vegetal, porque permite definir quantitativamente hipóteses adotadas sobre o sistema real. Além de observar problemas gerados na agricultura durante o manejo, e as condições ambientais.

Desse modo, é de extrema importância realizar a avaliação do crescimento das plantas, em diferentes ciclos da cultura, visto que, ao avaliar as características desejadas é possível identificar e distinguir características essenciais a cada genótipo analisado, e assim, escolher os que apresentam as qualidades de interesse. A avaliação que permite analisar o crescimento de determinadas plantas é um método que possibilita avaliar e identificar as características fisiológicas da produção da planta em si, além de permitir observar a influência de variáveis genéticas, agronômicas e ambientais (DEPRÁ et al., 2016).

O modelo apresenta como vantagem visualizar extensões onde a informação e os dados são escassos. O modelo permite fazer um melhor uso dos dados, quando comparado com os métodos tradicionais. Além de permitir interpolação e previsão, outra característica extremamente importante de modelos matemáticos é que podem armazenar grandes quantidades de informações. Tornando assim, um recurso útil para a pesquisa e sendo uma alternativa com ótima aplicação no estudo de crescimento de plantas. Pois, o alicerce matemático da hipótese permite prosseguir na compreensão do desempenho do sistema e na abrangência entre hipóteses alternativas (NETO et al., 1998).

É importante relatar que não somente o modelo de regressão logística, mas também vários modelos matemáticos são de grande relevância em diversas áreas de estudo, e dentre elas se destaca a aplicação no ramo da agricultura. Permitindo por meio de simulação, observar as implicações de várias técnicas de manejo ou mudanças ambientais no comportamento da cultura.

3.3 Modelo de Gompertz

O modelo foi proposto em 1825 por Gompertz. Em seguida, foi usado no estudo da aquisição de curva de crescimento, o que o tornou uma ferramenta essencial no campo de ciências naturais. É um modelo que oferece diversas parametrizações, semelhante ao modelo logístico. Mas, o modelo de Gompertz não é tão utilizado quanto o modelo logístico (BEM, 2017).

Entretanto, é importante realizar estudos que permite observar as comparações entre os modelos de regressão a fim de avaliar e, portanto, obter informações mais precisas sobre o potencial fisiológico de determinadas sementes. A literatura relata o modelo de Gompertz, como sendo uma alternativa que pode ser utilizada no estudo de avaliação da qualidade fisiológica de sementes. De acordo com a bibliografia o modelo de Gompertz, apresenta uma curva identificada como ponto de inflexão, onde as características que identifica a curva do modelo giram em torno desse ponto de inflexão, um parâmetro que caracteriza precocidade (AMORIM, 2019).

O ponto de inflexão é utilizado para determinar o tempo em porcentagem em que ocorreu a germinação das sementes viáveis. Assim, permite obter informações mais precisas sobre o potencial fisiológico de sementes agrícolas, como a semente do milho, soja, feijão, café, dentre outras linhagens. O conhecimento adequado e útil sobre o manejo da semente selecionada para cultivo pode ser obtido por meio de análises de crescimento, proporcionado por modelos matemáticos (FIGUEIREDO FILHO et al., 2012; AMORIM, 2019).

É importante salientar que, os modelos exibem resultados que descrevem a melhor técnica de manejo a ser utilizada em cada cultivar, permitindo maior lucro e economia de tempo, evitando possíveis consequências agrárias, pois são modelos visionários. Atuam reduzindo os custos de investimentos e o tempo em análises de campo, visto que, são modelos que fornecem dados informacionais e exatos referentes ao desenvolvimento da planta durante todo o seu ciclo (MORAIS et al., 2017).

Pesquisadores testaram o modelo logístico e de Gompertz na avaliação de matéria fresca e seca de folhas de parte aérea, de alface Gloriosa, Pira Verde e Stella, no outono-inverno, ambos apresentaram um bom ajuste. Outra aplicação dos modelos Gompertz, Logístico e von Bertalanffy foi na avaliação do crescimento diamétrico de Cedro, os colaboradores afirmaram que todos os modelos apresentaram ajustes adequados. Alguns estudos relatam o uso do modelo de Gompertz, não apenas no desenvolvimento de plantas, mas também no crescimento de animais (FRÜHAUF et al., 2020; CARINI et al., 2020).

3.4 Modelo de Von Bertalanffy

O modelo de Von Bertalanffy foi proposto na década de 60 pelo biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy, o mesmo tinha como objetivo avaliar o crescimento de peixes. O modelo tem como característica a precisão em descrever o crescimento, comprimento e peso de espécies de peixes. De acordo com a literatura examinada, o que faz dessa ferramenta importante, são as predições que o modelo fornece, consideradas exatas e precisas (VASCON & BAZÃO, 2018).

Os registros encontrados na literatura relatam a aplicação do modelo de Von Bertalanffy na avaliação do crescimento de aves e animais aquáticos. Contudo, poucos estudos são voltados para a aplicação do modelo no desenvolvimento de plantas, isto, porque o modelo tem melhor ajuste ao avaliar o crescimento de seres aquáticos. Pois, é um modelo biológico usado para explicar a lógica do crescimento relacionado à biologia. Entretanto, alguns estudos experimentais fazem uso do modelo a fim, de compara-lo a outros modelos (ALMEIDA, 2019).

De Lima et al., (2019) testou o modelo Logístico e o modelo de Von Bertalanffy para avaliar o crescimento do feijoeiro. O autor concluiu, que ambos foram adequados para descrever a quantidade de biomassa seca acumulada nos dois sistemas de plantio adotado pelo autor. Portanto, embora os dois modelos tenham proporcionado um ajuste considerável, o modelo logístico apresentou melhor adequação ao representar o crescimento do feijoeiro, pois, matematicamente exibiu características melhores que o modelo de Bertalanffy.

Maia et al., (2009) e seus colaboradores, realizaram um experimento a fim de observar a curva de crescimento de bananeiras, os pesquisadores propuseram os modelos Gompertz, logístico, von Bertalanffy, Brody e obtiveram como conclusão que o modelo logístico é o melhor, pois, foi o que apresentou melhor qualidade de ajuste quando comparado com os demais modelos.

Contudo, em estudos avaliando o crescimento de frangos, tilápia, pacu, tambaqui e camarão, o modelo de Von Bertalanffy é o modelo que apresenta o melhor ajuste das curvas de crescimento, comprimento e peso para cada variável analisada. Os pesquisadores relatam a importância econômica e de produção proporcionada pelo uso do modelo de Von Bertalanffy, pois, é possível obter estimativas de produtividade tanto para o avicultor, quanto ao piscicultor beneficiando também a indústria de processamento de frango e pescados (FERNANDES et al., 2019; SILVA et al., 2019).

3.5 Modelo de Richards

Desenvolvido em 1959, o modelo de Richards foi criado com objetivo de avaliar o crescimento de plantas. O modelo de Richards, é um modelo baseado no modelo de Von Bertalanffy que é voltado no estudo de crescimento animal (DOS SANTOS, 2019).

A literatura descreve o modelo de Richards, como sendo o modelo de crescimento mais completo, isso porque o modelo possui como característica quatro parâmetros, contudo, apenas três destes são biologicamente interpretáveis segundo a literatura. A importância do modelo, é dada por meio do ponto de inflexão, visto que, para cada análise é essencial que seja estipulado um parâmetro, permitindo assim, obter melhores resultados e interpretação biológica e fisiológica da planta avaliada (DOS SANTOS, 2019).

O modelo de Richards é bastante empregado nas áreas de ciências florestais para delinear fenômenos de crescimento, o que o define como um modelo com parâmetros que apresentam interpretação fisiológica ou biológica. O modelo é caracterizado como uma ferramenta matemática, que tem por objetivo representar a dinâmica natural de uma determinada variável biológica (LEITE et al., 2019).

A literatura classifica o modelo de Richards, como sendo o melhor modelo para descrever o crescimento das árvores. Isso porque, o modelo apresenta coeficientes que demonstram os fenômenos biológicos apropriado para delinear o desenvolvimento da planta e a altura. Autores utilizaram o modelo para avaliar o crescimento da planta *Tectona grandis* Teca, e afirmaram, é o melhor modelo a ser empregado na avaliação precisa da variável altura de planta (CRUZ et al., 2008; LEITE et al., 2019).

A fim de demonstrar a aplicação do modelo, temos o trabalho realizado por Moura et al., (2020). O autor utilizou o modelo na avaliação do crescimento de jaboticabeiras. Afirma que, o modelo de Richards exibiu máxima adesão às séries cronológicas das jaboticabeiras avaliadas. Relata o quão é importante desenvolver modelos de crescimento por local, assim, é possível obter melhor compreensão das implicações ambientais sobre o crescimento de jaboticabeiras em áreas florestais.

Logo, os modelos utilizados na pesquisa agrícola, permitem detalhar o desempenho da planta com base no estudo do próprio vegetal. São modelos eficazes quando ajustados as variáveis altura, comprimento, peso e outras características de interesse. Além de permitir sintetizar um elevado número de dados obtidos a partir de parâmetros biológico. Na área agrônômica alcança a vantagem econômica e administrativa ao conhecer como a cultura cresce, e o processo de desenvolvimento da mesma e quais fatores influenciam nesse processo.

4. METODOLOGIA

4.1 Local e correção da área experimental

O estudo foi desenvolvido durante a safra 2017/2018, em área experimental situada na Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi, localizado a 11°43'45" de latitude sul e 49°04'07" de longitude oeste, com altitude média de 285m. O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo vermelho - amarelo distrófico, profundo, ácido e de textura franco-arenosa (SOLOS, 2013). A acidez do solo foi corrigida por meio da calagem e a adubação foi feita com base em análises de solo realizada na área de cultivo e especificações da cultura. Foi utilizada adubação de NPK 5,25,15 na dose de 250 Kg/ha e o preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens.

4.2 Instalação do experimento e plantio da cultura *Salvia hispânica* L.

Inicialmente no dia 22 de janeiro de 2018 foi realizado o preparo do solo, posteriormente iniciou-se o plantio da chia (*Salvia hispânica* L.), a cultivar foi plantada em uma área de 300 m² com 15m x 20m e espaçamento entre linhas de 0,50m, com densidade de semeadura de 1g a cada 20m lineares, com a finalidade de obter uma população de 500.000 plantas/ha. Os resultados obtidos foram processados e analisados por meio do programa R. Toda orientação hábil de uso do programa, foi fornecida por meio de treinamento pelo professor, Dr. Fernando Machado Haesbaert. O que possibilitou realizar todas as análises dos dados coletados.

Figura 1 – Preparo da área experimental e implantação do experimento



Fonte: Dados da pesquisa

4.3 Emergência e coleta de dados das plantas de *Salvia hispânica* L.

Após 3 dias da sementeira foi possível observar a qualidade das sementes utilizadas por meio do vigor de germinação, notado na emergência de algumas plântulas. Entretanto, o desenvolvimento inicial da *Salvia hispânica* L. foi bastante lento, contudo, a emergência de todas as plântulas ocorreu durante um período de aproximadamente 10 dias. A começar no dia 01 de fevereiro de 2018. No período inicial de desenvolvimento da cultura, houve competição com as plantas daninhas. Logo, foi realizado o controle destas por meio de capinas.

No dia 15 de fevereiro, 15 dias após a emergências (DAE) das plântulas, foram escolhidas aleatoriamente 120 plantas e etiquetadas, as quais foram avaliadas periodicamente. Também foi realizado a primeira coleta de dados destas plantas. Nesta mesma data, foi administrado a primeira adubação nitrogenada de cobertura, utilizando como fonte de nitrogênio a ureia.

Das 120 plantas escolhidas aleatoriamente, fez-se a avaliação dos seguintes caracteres morfológicos: altura de planta (cm) (AP), diâmetro do caule (mm) junto ao colo da planta (DC), número de folhas (NF), número de ramificações (NR), tudo realizado com o auxílio de paquímetro. Estas análises foram realizadas a cada 4 dias (96 horas), visando realizar a modelagem de crescimento da cultura e também entender as relações lineares entre estes caracteres avaliados.

Figura 2 – Plantas com 15 dias após emergência e etiquetas (A) e avaliação de plantas com 31 dias após emergência (B)



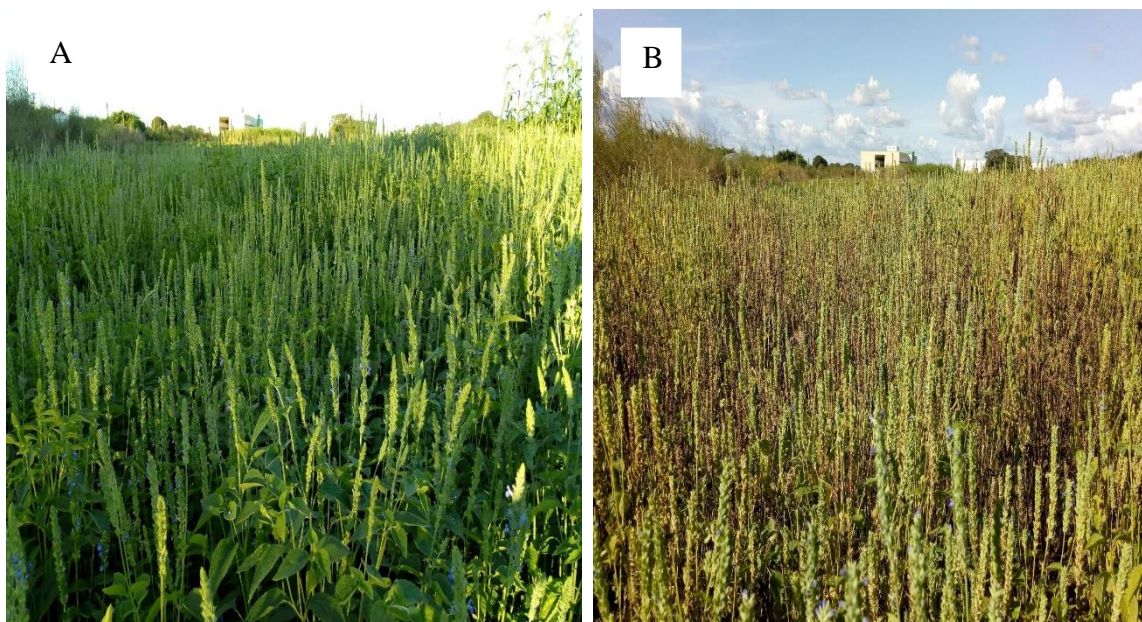
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 3 – Plantas com 48 dias após a emergência (A) e plantas com 60 dias após emergência, iniciando fase reprodutiva (B)



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 4 – Plantas com 68 dias após a emergência (A) e plantas com 80 dias após a emergência (B)



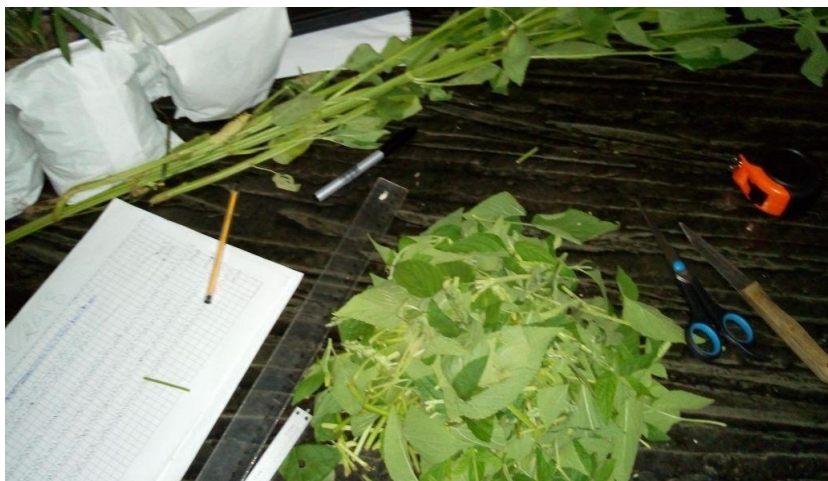
Fonte: Dados da pesquisa

4.4 Determinação dos caracteres produtivos

Aos 15 dias após a emergência (DAE) foi realizado a primeira avaliação destrutiva, onde foram selecionadas 10 plantas aleatórias e quantificadas as seguintes variáveis das partes aéreas das plantas: altura de planta (cm) (AP), diâmetro do caule (mm) junto ao colo da planta (DC), número de folhas (NF), número de ramificações (NR) e massa seca de partes aéreas em gramas (MS). Para a obtenção da matéria seca, essas plantas foram submetidas a secagem em estufa a 65 °C por 72 horas. Em seguida, o material vegetal seco foi pesado em balança de precisão. Essas avaliações foram realizadas periodicamente durante todo o experimento.

Outros caracteres produtivos foram determinados no momento da colheita dos grãos, mensurando-os em cada uma das 120 plantas selecionadas no experimento (unidade experimental), o número de inflorescências (NI) e o comprimento de cada inflorescência (CI) em cm. As inflorescências, por sua vez, foram secas em estufa a 40 °C até obter peso constante e após trilhadas, foram separados os grãos e quantificados em relação ao rendimento em gramas. A massa de mil grãos de cada inflorescência (MMG) em gramas, e o rendimento por planta pelo somatório do rendimento de cada inflorescência (RGP) em gramas.

Figura 5 – Amostra destrutiva para análise de matéria seca (MS)



Fonte: Dados da pesquisa

4.5 Modelos de regressões utilizados na avaliação de caracteres agronômicos

Após obter todos os dados de avaliação dos caracteres analisados na cultivar da chia, os mesmos foram processados e analisados por meio de ferramentas computacionais. Com base nas variáveis estudadas, foi modelado o crescimento da cultura da chia por meio de modelos não lineares de crescimento. Observe a tabela 1.

Tabela 1- Modelos de regressão não linear para descrever curvas de crescimento de plantas de chia (*Salvia hispânica* L.)

Modelo	Função (SEBER e WILD, 2003) *
Logístico	$f(x) = \frac{\alpha}{1 + e^{\beta - \gamma x}}$
Gompertz	$f(x) = \alpha e^{(-e^{(\beta - \gamma x)})}$
Von Bertalanffy	$f(x) = \alpha [1 - e^{(-\gamma(x - \delta))}]$
Richards	$f(x) = \alpha [1 + (\delta - 1)e^{-\beta(x - \gamma)}]^{-\frac{1}{\delta}}$

* α é o valor máximo esperado para a resposta, ou assíntota; β está relacionado com o intercepto, isto é, o valor de $\mu = E(y)$ correspondente a $x = 0$; γ está relacionado com a taxa média de crescimento da curva; δ parâmetro de controle da ordenada no ponto de inflexão.

Fonte: Adaptado AKAIKE, 1974

Os modelos foram comparados e avaliados seguindo os seguintes critérios para a seleção dos mesmos: modelo mais parcimonioso, ou seja, que explica o comportamento da variável resposta com o mínimo de parâmetros no modelo; que apresente estimativas dos parâmetros com interpretação biológica/prática; pelo coeficiente de determinação: $R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT}$

Onde SQR é a soma de quadrados do resíduo e SQT a soma de quadrados de tratamento; pelo desvio-padrão residual: $DPR = \sqrt{\frac{QM_e}{(n-p)}}$, em que QM_e é o quadrado médio do erro, “n” o número de observações e “p” o número de parâmetros; pelo quadrado médio do erro:

$QM_e = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y}_i)^2}{n-p}$; pelo desvio médio absoluto do erro: $DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i|}{n}$; e critério de

informação de Akaike (AIC): $AIC_c = -2 \log(L(\hat{\theta})) + 2p + \frac{2p(p+1)}{n-p-1}$, onde $L(\hat{\theta})$ é a função de máxima verossimilhança do modelo (AKAIKE, 1974).

4.6 Relações lineares entre caracteres agronômicos

Quanto as relações lineares entre caracteres agronômicos, realizou-se a mensuração destes com base em 75 plantas da cultura da chia, onde foi realizado o estudo das relações lineares entre os caracteres, visando identificar caracteres para a seleção indireta de plantas mais produtivas. Em relação aos caracteres morfológicos, AP, DC, NF e NR e produtivos NI, CI, RGI, MMG, RGP foram calculadas medidas de tendência central, de variabilidade, de assimetria e curtose, além de verificar a normalidade por meio do teste de Lilliefors (CAMPOS, 1983). A fim de visualizar as relações entre os caracteres, foi montado diagramas de dispersão e em seguida calculou-se a matriz de coeficientes de correlações lineares de Pearson (r) entre os caracteres, e por meio do teste “t” de Student a 5% de probabilidade de erro, foi verificada a significância do “r”.

Após, fez-se o diagnóstico de multicolinearidade na matriz de correlação, por meio do número de condição. Em seguida foi realizado a análise de trilha (path analysis) das variáveis explicativas (AP, DC, NF, NR, NI, CI, RGI e MMG) sobre a variável RGP e, em seguida, ajustado um modelo de regressão linear múltipla da variável dependente (RGP) em função das independentes (AP, DC, NF, NR, NI, CI, RGI e MMG). Os parâmetros do modelo foram estimados pelo método stepwise, com 5% de significância para entrada e saída de variáveis. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2015) e do aplicativo Office Excel® (CRUZ, 2008; ZIMMER et al., 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos realizados com a cultura da chia no estado do Tocantins apresentaram bons resultados. As plantas exibiram um bom desenvolvimento, o que possibilitou realizar todas as análises propostas na pesquisa experimental. Um dos fatores favoráveis a estas condições podem estar diretamente relacionado ao clima da região.

De acordo com Peel (2007) o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Koppen-Geiger o mesmo é definido como tropical quente e úmido, apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Em relação ao crescimento da chia (Tabela 2), os resultados equivalentes a variável altura de planta (AP) obtiveram em 15 dias após a emergência uma média de 6,29cm. Após esse período, ou seja, 31 dias depois da fase emergencial esse valor aumentou significativamente para uma média de 29,41cm. Portanto, a partir destes dados pode se afirmar que a cultura da chia no período inicial teve o seu crescimento e desenvolvimento sucedido de forma mais lento. Pois, a média de crescimento diário apresentado pela cultura da chia foi de 0,64 cm. Contudo, aos 48 dias após a emergência os dados analisados indicaram que as plantas estavam com média de 78,24 cm, apresentando a formação dos primeiros botões florais, e iniciando a fase reprodutiva aos 55 dias após a emergência, nesta fase a cultura da chia apresentou uma média de 102,26 cm de altura.

Segundo Kenz et al., (2019) a chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta que pode crescer até 1 m de altura, a mesma apresenta folhas pecioladas reversas e serrilhadas. Afirma ainda que, as folhas possuem de 4 a 8 cm de comprimento e 3 a 5 cm de largura.

Portanto, ao obter a média de crescimento 102,26 cm de altura, resultado este que ultrapassa a média registrada na literatura pesquisada. Pode-se concretizar que, os resultados obtidos suprimiram as expectativas em relação à altura da chia, demonstrando que o vigor da cultivar selecionada para experimento foi excelente. O que permitiu realizar as demais análises, tornando a pesquisa em si ainda mais satisfatória.

Vale lembra que, por se tratar de uma cultura que apresenta altos valores nutricionais, o crescimento e desenvolvimento da mesma é um parâmetro de suma importância a ser avaliado.

Das (2018) relata que, é necessário realizar estudos *in vivo* detalhados da eficácia e segurança deste alimento. Ressalva ainda que, a semente de chia apresenta propriedades medicinais e nutricionais, para as quais oferece um amplo potencial futuro para os setores de rações, alimentos e farmacêuticos.

Os dados da tabela 2 foram submetidos ao ajuste de quatro modelos propostos.

Tabela 2 - Estatística descrita de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de ramos (NR). UFT, 2018

Sigla	Média	Mediana	Desvio padrão	Variância	Curtose	Assimetria	Mínimo	Máximo	Soma	n
AP15	6.29	6.50	1.45	2.10	0.21	0.35	3.50	10.00	471.50	75
AP19	10.37	10.50	1.87	3.49	-0.20	-0.22	6.00	14.50	777.80	75
AP24	14.40	15.00	2.95	8.68	3.11	-0.96	2.00	21.00	1079.70	75
AP27	21.04	21.00	3.40	11.58	-0.08	-0.13	12.50	28.30	1577.90	75
AP31	29.40	29.00	5.09	25.91	0.57	-0.33	14.00	39.00	2205.00	75
AP35	58.29	56.00	33.54	1124.75	-1.07	0.03	1.00	119.00	4372.00	75
AP48	78.24	82.00	17.08	291.64	3.63	-1.40	12.00	116.00	5868.00	75
AP43	102.26	106.00	21.15	447.50	7.69	-2.18	11.60	136.00	7669.60	75
AP55	102.26	106.00	21.15	447.50	7.69	-2.18	11.60	136.00	7669.60	75
AP68	128.42	130.00	19.40	376.42	3.30	-0.55	53.00	192.00	9631.50	75
AP73	141.80	145.00	21.82	476.00	3.47	-1.21	53.00	182.00	10634.90	75
AP80	148.09	149.90	19.35	374.33	1.91	-0.90	77.00	185.00	11106.40	75
DC15	1.45	1.50	0.37	0.14	-1.40	0.18	1.00	2.10	108.40	75
DC19	1.71	1.80	0.32	0.11	-0.83	-0.43	1.10	2.30	128.20	75
DC24	3.17	3.00	1.96	3.83	59.72	7.34	2.00	19.00	237.50	75
DC27	3.83	3.90	0.73	0.53	1.62	0.65	2.00	6.50	287.30	75
DC31	5.16	5.20	0.82	0.67	-0.30	-0.36	3.30	6.80	386.95	75
DC35	5.94	6.00	0.95	0.90	0.26	-0.50	3.50	8.00	445.80	75
DC48	14.51	9.00	19.22	369.30	8.41	3.15	0.90	85.00	1088.11	75
DC55	14.12	10.00	21.67	469.74	23.14	4.86	1.40	139.00	1058.86	75
DC68	11.22	11.00	2.51	6.32	0.52	0.54	6.50	19.00	841.80	75
DC73	11.29	11.00	2.67	7.11	0.03	0.51	6.50	18.70	846.70	75
DC80	11.32	11.00	2.89	8.37	1.11	0.73	4.20	19.50	848.90	75
NF15	5.67	6.00	0.88	0.77	1.08	-0.78	4.00	8.00	425.00	75
NF19	8.05	8.00	1.05	1.11	2.98	-0.47	4.00	10.00	604.00	75
NF24	10.27	10.00	1.46	2.14	3.19	-0.96	4.00	13.00	770.00	75
NF28	12.88	13.00	1.25	1.57	-0.25	-0.32	10.00	16.00	966.00	75
NF31	14.17	14.00	2.30	5.31	13.46	-3.01	3.00	18.00	1063.00	75
NF36	15.75	16.00	1.60	2.57	-0.05	-0.42	11.00	18.00	1181.00	75
NF48	17.48	18.00	3.24	10.50	6.86	0.27	6.00	32.00	1311.00	75
NF55	16.55	17.00	3.93	15.41	4.37	-1.35	1.80	28.00	1241.30	75
NF68	15.35	16.00	3.31	10.96	2.01	-0.60	3.00	24.00	1151.00	75
NF73	13.63	14.00	3.70	13.67	1.00	-0.71	2.00	21.00	1022.00	75
NF80	7.67	8.00	5.75	33.01	-1.01	0.15	0.00	21.00	575.00	75
NR15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75
NR19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75
NR24	2.32	2.00	2.21	4.87	3.48	1.25	0.00	12.00	174.00	75
NR28	1.00	0.00	1.44	2.08	1.09	1.36	0.00	6.00	75.00	75
NR31	3.73	4.00	2.13	4.55	-0.73	-0.35	0.00	8.00	280.00	75
NR36	5.52	6.00	2.30	5.31	-0.10	-0.53	0.00	10.00	414.00	75
NR48	11.55	12.00	3.67	13.44	2.01	-0.25	1.00	22.00	866.00	75
NR55	15.65	14.00	11.41	130.18	30.63	5.43	4.10	84.00	1173.42	75
NR68	15.61	16.00	3.08	9.48	0.42	-0.64	6.00	21.00	1171.00	75
NR73	15.73	16.00	3.43	11.79	1.39	-0.97	5.00	22.00	1180.00	75
NR80	14.96	16.00	3.78	14.31	0.96	-0.93	4.00	22.00	1122.00	75

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados registrados na tabela 2 são dados obtidos a partir do dia 15, 19, 24, 27, 31, 35, 43, 48, 55, 68, 73 e 80 dias após a emergência (DAE) respectivamente.

Em relação a variável diâmetro do caule (DC) (Tabela 2), observar-se um padrão de desenvolvimento similar ao da variável altura de plantas (AP), uma vez que, nos primeiros 30 dias exibiu pouco desenvolvimento, e posteriormente uma maior acentuação até atingir a fase reprodutiva, assim, aos 55 dias após a emergência a mesma apresentou uma média de 14,41 mm. Quando submetidos aos ajustes dos modelos proposto, constatou-se que a prerrogativa era verdadeira, tendo como melhor ajuste o modelo logístico com coeficiente de determinação de 0,9938 e menor quadrado médio do resíduo.

Com relação ao número de ramos (NR) e baseado nos dados da tabela 2, a estatística descritiva nos mostra que a estabilização dos mesmos ocorreu a partir do surgimento dos botões florais, ou seja, início da fase reprodutiva da cultura de chia.

O modelo de Gompertz foi o que mais se aproximou significativamente do modelo logístico com coeficiente de determinação de 0,9938, e quadrado médio dos resíduos 1,7480. Sendo estes os modelos que melhor explicam a dinâmica de desenvolvimento da variável diâmetro do colmo.

Ao analisarmos a tabela 2 nota-se, que as médias para variável número de folhas (NF) têm sua distribuição simetricamente de acordo com os dias após a emergência, tendo maior média 17,48 mm aos 48 dias após a emergência de folhas, quando começou a surgir os botões florais. Posteriormente, conforme maturação das plantas juntamente com a fase reprodutiva, as folhas mais velhas foram senescendo, devido ao mecanismo da planta de drenagem para enchimento e desenvolvimento de grãos. Desta forma, aos 80 dias as plantas apresentaram média de 7,67 folhas por planta.

Costa (2019), relata em seu trabalho que a germinação das sementes sob insuficiência hídrica, é tido como um fator limitante na qualidade fisiológica e no tamanho das sementes. Influenciando diretamente na porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação o autor afirma ainda que, na presença de estresse hídrico ocorre diminuição das atividades enzimáticas, e com isso o processo germinativo e desenvolvimento meristemático é reduzindo.

Marcos-Filho (2015) também corrobora que, a água é um elemento essencial no desenvolvimento do eixo embrionário, pois atua como catalisador e regulador, favorecendo a absorção do oxigênio e ativando as atividades metabólicas da planta. Logo, a água está envolvida em todas as etapas do metabolismo germinativo.

Em relação aos modelos utilizados, não há relatos na literatura do uso dos mesmo para a cultura da chia em solos tocaninense.

Leite (2019), descreveu em seu trabalho que utilizou o modelo de Gompertz para avaliar a variável diâmetro do colmo de *Eucalyptus pilularis*. Entretanto, o autor afirma que o modelo não se ajustou de forma precisa a variável analisada. Pois, apresentou um coeficiente eminentemente não significativo estatisticamente. Tal resultado foi identificado pelo teste t exibindo p-valor acima de 5%, o que tornou o seu uso inviável, já que estatisticamente foi nulo.

Entretanto, pode-se afirmar que o modelo de logístico é um modelo que apresentou um ótimo ajuste na avaliação da variável diâmetro do colmo na cultura da chia. Visto que, apresentou um coeficiente estatisticamente significativo quando submetido aos quatro modelos propostos; observou-se que os modelos logísticos e Gompertz foram os que melhores se ajustaram e convergiram.

A Tabela 3 apresentada as estimativas dos parâmetros e os avaliadores da qualidade dos ajustes. O modelo logístico referente a variável altura de planta (AP) foi o que melhor se ajustou, tendo o maior coeficiente de determinação e menor quadrado médio dos resíduos comparados aos demais modelos. O modelo von Bertalanffy não se ajustou significativamente a variável altura de planta (AP), visto que, exibiu o maior quadrado médio dos resíduos.

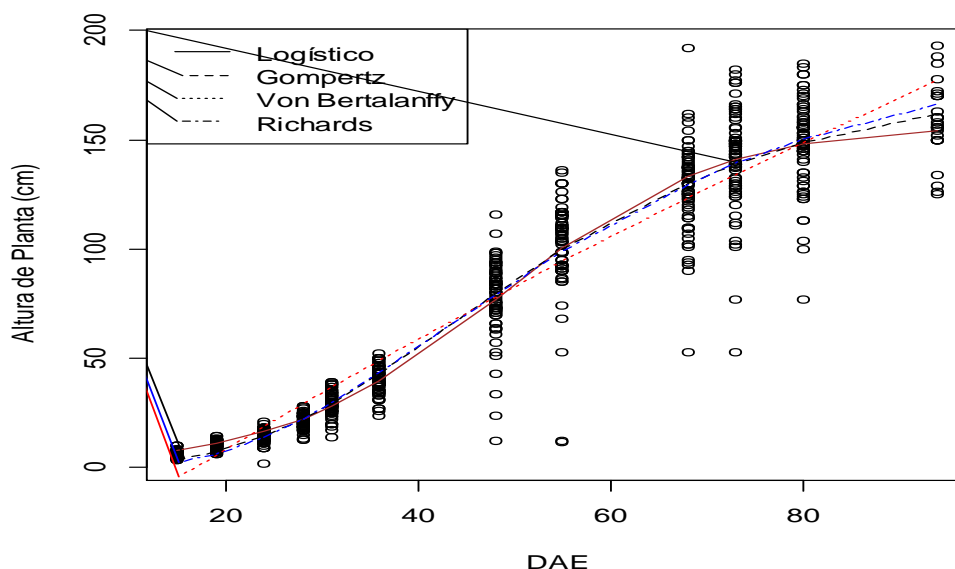
Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros, coeficiente de determinação (R²) e quadrado médio do resíduo (QMR). Seguindo modelos estudados para as médias de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de Ramos (NR). UFT, 2018

	Modelos	Estimativas			Avaliadores	
		α	B	y	R ²	QMR
AP	Logístico	157.0005	4.2642	0.0881	0.9844	13.8600
	Gompertz	176.5939	2.0759	0.0479	0.9713	13.8700
	Von Bertalanffy	705.4080	0.0038	16.7822		15.6500
	Richards	190.4739	0.0390	5.2662		13.9600
DC	Logístico	11.5593	3.3583	0.0956	0.9938	1.7470
	Gompertz	12.0723	1.8012	0.0613	0.9934	1.7480
	Von Bertalanffy	14.5056	0.0247	13.1589		1.8000
	Richards	12.2610	0.0541	4.3928		1.7530
NF	Logístico	13.7448	3.9858	0.2318	0.9967	4.2540
	Gompertz	14.6772	2.6032	0.1700	0.9979	4.2660
	Von Bertalanffy	14.6366	0.1368	11.9022		3.6140
	Richards	14.6500	0.1689	12.7946		3.6170
NR	Logístico	15.4547	5.9960	0.1492	0.9362	2.5470
	Gompertz	15.8524	3.3668	0.0939	0.4033	2.6030
	Von Bertalanffy	23.9917	0.0179	17.2632		2.9450
	Richards	16.1367	0.0839	18.9737		2.5840

Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico a seguir (Figura 6), representa a variável altura de plantas (AP) utilizando os quatro modelos proposto. Compreende-se, que inicialmente após a emergência as plantas de chia apresentaram um crescimento contínuo, podendo este ser observado durante todo o período de avaliação. O modelo logístico com coeficiente de determinação de 0,9938 e menor quadrado médio do resíduo foi o que melhor se ajustou.

Figura 6 - Altura de plantas (AP) (cm) em função dos dias após a emergência (DAE)



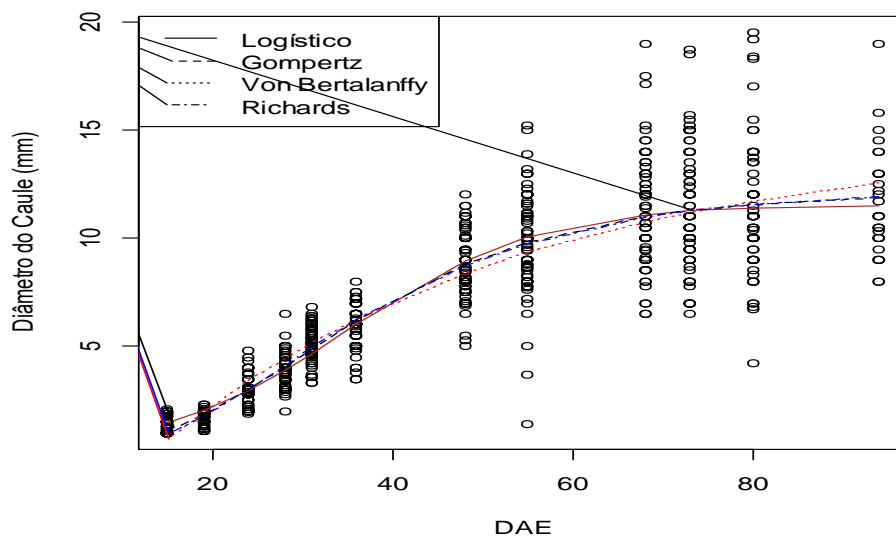
Fonte: Dados da pesquisa

Morais et al., (2017) usou o modelo logístico e o modelo Pico-Log Normal na avaliação de crescimento do milho. Ambos os modelos apresentaram resultados precisos e exatos referente ao desenvolvimento em altura e índice de área foliar do milho. Diante disso o autor afirma que, os modelos são ferramentas eficientes na representatividade do crescimento das culturas agrônomicas. Destaca ainda, que o ajuste exibido pelo modelo logístico em relação à altura das plantas teve coeficiente de determinação com variação de 0,985 e 0,994. E todos os caracteres agrônomicos ajustados pelo modelo foram significativos pelo teste t ($p < 0,01$).

O próximo gráfico (Figura 7), representa os quatro modelos sendo empregados na análise dos dados da variável diâmetro do caule (DC) em função dos dias após emergência. O diâmetro do caule teve desenvolvimento de acordo com o crescimento da planta chia, ou seja, conforme variação da altura, ocorreu também expansão diametral do caule.

Analisando este resultado, podemos afirmar que tanto o crescimento da planta quanto o desenvolvimento do caule, foram variáveis consideradas bem sucedidas de acordo com o esperado na experimentação conduzida. Apesar disso, o modelo logístico foi o que melhor se ajustou a variável. Pois, apresentou maior coeficiente de determinação e menor quadrado médio do resíduo.

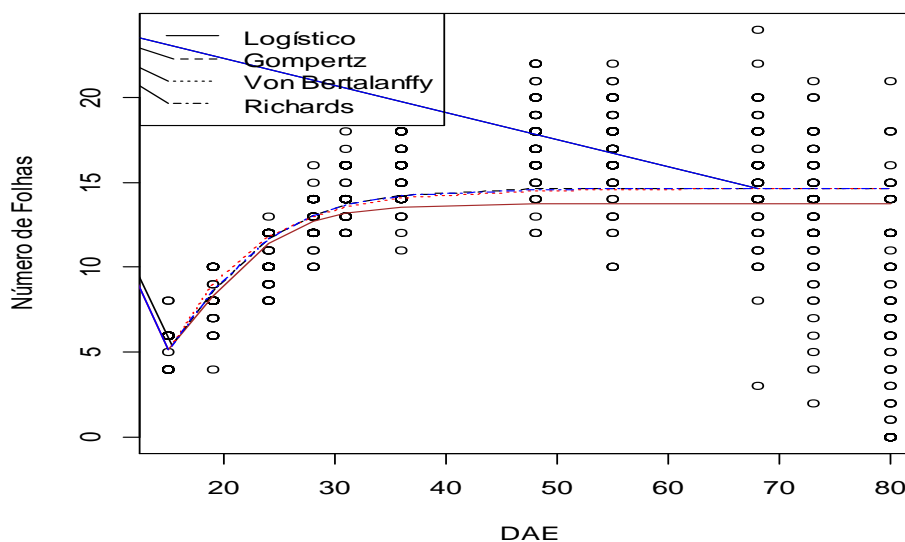
Figura 7 - Diâmetro do Caule em função dos dias após a emergência (DAE).



Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico representado na figura 8, expõe os mesmos modelos utilizados anteriormente, porém, a variável analisada neste gráfico é o número de folhas (NF) que surgiram logo após emergência da planta. Nota-se no gráfico, que inicialmente o número do surgimento de folhas após emergência foi contínuo aproximadamente até os dias 32 de avaliação. Após, essa variável manteve-se constante durante o período reprodutivo inicial e posteriormente houve senescência das folhas mais velhas, dos modelos propostos nenhum explicou tão bem esta variável, contudo o modelo que mais se aproximou estatisticamente foi o logístico.

Figura 8 - Número de folhas em função dos dias após a emergência (DAE)

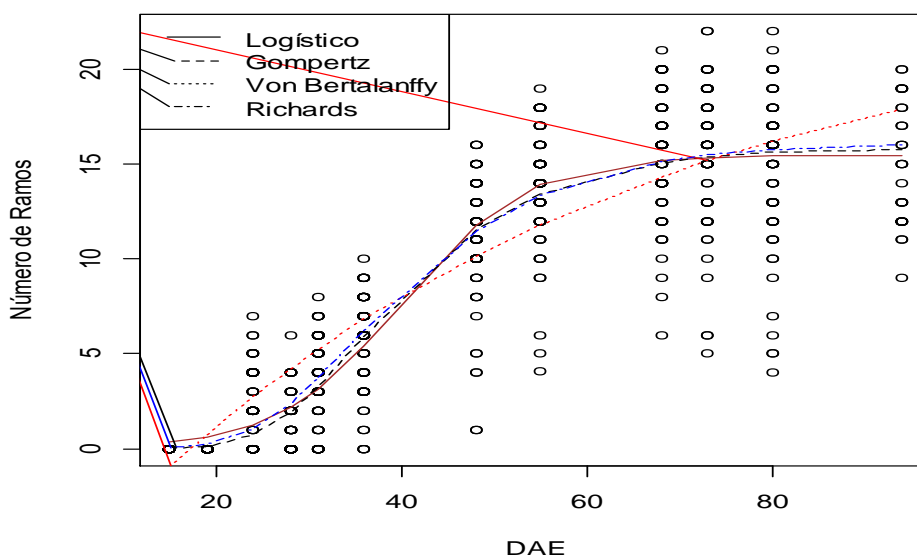


Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 9, temos a representatividade das curvas geradas pelos quatro modelos ajustados para variável número de ramos (NR). Observa-se, que inicialmente a cultura apresenta baixa quantidade de ramos, contudo, a partir de 24 dias após a emergência nota-se um gradiente de crescimento e posteriormente uma estabilização da quantidade de ramos em cada planta após os 60 dias de emergência.

O modelo que melhor se ajustou para esta variável foi o modelo logístico, que por sua vez, pode ser confirmada ao analisarmos a tabela 3, onde o coeficiente de determinação encontra-se 0,9362 para o modelo logístico e 0,4033 para o modelo de Gompertz.

Figura 9 - Número de Ramos (NR) em função dos dias após a emergência (DAE)



Fonte: Dados da pesquisa

Deprá et al., (2016) em seu experimento fez uso do modelo logístico para avaliar o crescimento de cultivares crioulas de milho e concluiu que, as variáveis altura de plantas, número de folhas por planta e curvas de crescimento para as cultivares crioulas, exibiram ajustes satisfatórios usando o modelo logístico. O autor concluiu que tal resultado se confirma com base nos valores de R^2 (coeficiente de determinação) pois, apresentou valor acima de 0,85 enquanto que o desvio médio dos resíduos (DMA) foram estimados baixos.

Com base nestes resultados, o autor afirmou que os mesmos possibilitam o uso do modelo logístico para melhor avaliar o ajuste de curvas de desenvolvimento destas variáveis.

Neto et al., (1998) relata que, não existe um modelo certo ou errado, mas modelos com graus variáveis de adequação a uma determinada circunstância. Não existe um modelo universal que forneça uma solução para todos os problemas, no entanto, os modelos devem continuar a ser desenvolvidos e adaptados a várias situações particulares.

6. CONCLUSÃO

O modelo logístico se ajustou melhor para descrever o crescimento e desenvolvimento das variáveis como, altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e número de ramos na cultura da chia cultivada no sul do Estado do Tocantins. Sendo assim, pode-se afirmar que o modelo logístico utilizado é viável, uma ferramenta útil que permite visualizar de perto o melhor desempenho na leitura dos dados de crescimento da cultura da planta chia, despertando ainda, interesse científico em testar a logística em outras cultivares similares.

Por fim, por meio destes dados de ajuste da cultura, é possível compreender de forma clara e precisa características morfológicas da cultura da chia. O que possibilita aprimorar técnicas de manejo, como época de semeadura, posicionamento preciso de defensivos agrícolas, permitindo ainda, dimensionar estratégias de negócios que tornarão viáveis o cultivo da mesma no sul do estado do Tocantins.

7. REFERÊNCIAS

AKAIKE, Hirotugu. Um novo olhar sobre a identificação do modelo estatístico. **Transações IEEE sobre controle automático**, v. 19, n. 6, pág. 716-723, 1974.

ALMEIDA, Hendria Fogaça et al. Modelagem matemática do crescimento inicial de Pinus taeda l. a partir de diferentes características dendrométricas individuais. 2019.

AMORIM, Deoclecio Jardim. Modelos não lineares e lineares generalizados para avaliação da germinação de sementes de milho e soja. 2019.

AYERZA, R.; COATES, W.; LAURIA, M. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance and sensory characteristics. **Poultry Science**, v. 81, p. 826 – 837, 2002.

BATISTA, E. L. S.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; LYRA, G. B.; DA SILVA, T. G. F.; BOEHRINGER, D. Modelagem do crescimento de cultivares de cana-de-açúcar no período de formação da cultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 10, p. 1080 – 1087, 2013.

BEM, Cláudia Marques de et al. **Modelos de crescimento na cultura de Crotalária juncea**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

CAMPOS, João Carlos Chagas; RIBEIRO, José Carlos; COUTO, Laércio. EMPREGO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMETRICA NA DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DE CORTE EM MATAS NATURAIS SUBMETI-DAS AO SISTEMA DE SELEÇÃO1. **Revista Árvore**, v. 7, n. 2, p. 110, 1983.

CARINI, Fernanda et al. Nonlinear models for describing lettuce growth in autumn-winter. **Ciência Rural**, v. 50, n. 7, 2020.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; SILVEIRA, R. T.; CASAROTTO, G.; HAESBAERT, M. F.; LOPES, J. S. Tamanho de amostra e relações lineares de caracteres morfológicos e produtivos de crambe. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2262 – 2267, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O.; FACCO, G.; NEU, I. M. M. Relações lineares entre caracteres de aveia preta. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 985 - 992, 2015.

COSTA, Ana Alessandra da et al. Osmoproteção na germinação da chia (*Salvia hispanica* L.) com atenuadores dos estresses hídrico e salino. 2019.

CRUZ, Jovane Pereira da et al. Curvas de crescimento e de índice de local para povoamentos de *Tectona grandis* em Tangará da Serra, Mato Grosso. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 679-685, 2008.

DAS, A. Advances in Chia Seed Research. **Adv. Biotechnol. Microbiol**, v. 5, p. 5-7, 2018.

DE LIMA, Kelly Pereira et al. Modelagem não linear da biomassa seca do feijoeiro cv. Jalo. **Sigmae**, v. 8, n. 2, p. 359-369, 2019.

DEPRÁ, Marta Stochero et al. Modelo logístico de crescimento de cultivares crioulas de milho e de progênes de meios-irmãos maternos em função da soma térmica. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 36-43, 2016.

DI SAPIO, O.; BUENO, M.; BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M. Y.; SEVERIN, C. Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 11, n. 3, p. 249- 268, 2012.

DOS SANTOS, André Luiz Pinto. Métodos geradores de modelos de crescimento e decréscimo aplicados às ciências agrárias. 2019.

FERNANDES, Felipe Auguto et al. Ajuste de modelos de crescimento para frangos machos. **Sigmae**, v. 8, n. 2, p. 788-795, 2019.

FIGUEIREDO FILHO, Luiz Antonio Silva et al. Fatores ambientais e genéticos sobre a curva de crescimento de caprinos mestiços. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 3, p. 154-161, 2012.

FRÜHAUF, Ariana Campos et al. Modelos não lineares no estudo do crescimento diamétrico de cedro em floresta tropical sazonalmente seca. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 15, n. 4, p. 8558, 2020.

KNEZ HRNČIČ, Maša et al. "Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An Overview-Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application." **Molecules (Basel, Switzerland)** vol. 25,1 11. 18, 2019.

LEITE, Francine Mesquita et al. Modelagem matemática do crescimento inicial de mudas da espécie *Eucalyptus pilularis*. 2019.

LESSA, M. A.; SCHUCH, U. K.; PAIVA, P. D. O.; PAGLIS, C. M.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, D. A. Determination of leaf area and leaf number of Calandiva associated with the accumulation of degree-day. **Acta Horticulturae**. v. 970, p. 329 - 337, 2013.

MAIA, Emanuel et al. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1380-1386, 2009.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015.

MESQUITA, PAULO SÉRGIO BELCHIOR. **Um modelo de Regressão Logística para Avaliação de Programas de Pós-Graduação no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Master Thesis). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

MIGLIAVACCA, A. R.; SILVA, B. R. I.; VASCONCELOS, S. L. A.; FILHO, M. W.; BAPTISTELLA, C. L. J. O Cultivo da Chia no Brasil: Futuro e Perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 161 - 179, 2014.

MIRANDA, F. Guia tecnico para el manejo del cultivo de chia (*Salvia hispânica*) em Nicaragua. **Guia Técnico**. Central de Cooperativos de Servicios Multiples exportacion e Importacion Del norte (CECOOPSEMEIN RL.), 2012.

MOHD ALI, Norlaily et al. O futuro promissor da chia, *Salvia hispanica* L. **Journal of Biomedicine and Biotechnology** , v. 2012, 2012.

MORAIS, RICARDO BARBOSA GOMES et al. Crescimento e produtividade de milho em diferentes épocas de plantio, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 1, p. 109-119, 2017.

MOURA, Amanda Pacheco Cardoso et al. Ecologia populacional em jaboticabais no sudoeste do Paraná. 2020.

NETO, Germano Ávila; RUTHES, Débora Cristina; MAGENIS, Marina Lummertz. CHIA (*Salvia hispanica* L.): PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E USO NA GASTRONOMIA. **Inova Saúde**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.

NUNES, Joseli Viviane Ditzel et al. Adequação de metodologias para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de chia (*Salvia hispânica* L.). 2017.

PAIVA, Emanoela Pereira de. Germinação e alterações fisiológicas em sementes de chia (*Salvia hispânica* L.) sob condições abióticas. 2017.

PEEL, Murray C.; FINLAYSON, Brian L.; MCMAHON, Thomas A. Mapa-múndi atualizado da classificação climática Köppen-Geiger. **Hidrologia e ciências do sistema terrestre**, v. 11, n. 5, pág. 1633-1644, 2007.

RODRIGUES, P. R. K. K. **Manejo de cultivo e qualidade de sementes de chia**. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, 2016.

SILVA, Maryene Arantes et al. Curvas de crescimento de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos por meio de modelos não lineares. 2019.

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2013.

SOUZA, Édila Cristina de. **Análise de influência local no modelo de regressão logística**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VASCON, Gabriel Moreno; BAZAO, Vanderléa Rodriguês. O MÉTODO DE GAUSS-NEWTON NA ESTIMACAO DE PAR^AMETROS DO MODELO MATEMATICO DE VON BERTALANFFY. 2018.

ZANATTA, T. P.; LIBERA, D. D., SILVA, V. R. da; WERNER, C. J.; ZANATTA, M. M. Análise do crescimento da cultura da chia (*Salvia hispânica*). **Revista Cultivando o Saber**. v. 9, n. 3, p. 377 – 390, 2016.

ZIMMER, Juliano; ANZANELLO, Michel José. Um novo método para seleção de variáveis preditivas com base em índices de importância. **Production**, v. 24, n. 1, p. 84-93, 2014.