

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM  
MATEMÁTICA**

**CLEITON RODRIGO BOCK**

**PARÂMETROS DA ALFACE EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE  
ÁGUA E NUTRIENTES: UM ESTUDO INTERDISCIPLINAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TOLEDO**

**2021**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM**  
**MATEMÁTICA**

**CLEITON RODRIGO BOCK**

**PARÂMETROS DA ALFACE EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE**  
**ÁGUA E NUTRIENTES: UM ESTUDO INTERDISCIPLINAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Orientador(a): Aracéli Ciotti de Marins

**TOLEDO**

**2021**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM**  
**MATEMÁTICA**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Parâmetros da alface em função da disponibilidade de água e nutrientes: um estudo interdisciplinar” foi considerado APROVADO de acordo com a ata nº \_\_\_ de \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Fizeram parte da banca examinadora os professores:

Professora Orientadora: Aracéli Ciotti de Marins

Professora Márcia Regina Piovesan

Professor Loreci Zanardini

TOLEDO

2021

## RESUMO

Este trabalho verificou a influência da disponibilidade de água e de nutrientes como cálcio, fósforo e nitrogênio na área foliar da alface, dado o fato de não ter sido encontrado nenhum trabalho que relacionasse estes dois fatores no desenvolvimento desta hortaliça. Para responder ao problema uniram-se duas áreas distintas, matemática e agronomia, cada uma com suas particularidades e ferramentas essenciais, que juntas proporcionaram a aquisição de novos conhecimentos. Utilizou-se um experimento em que foram fornecidas quantidades diárias, calculadas, de água e determinadas taxas de nutrientes para um número específico de plantas cultivadas em vasos. Com técnicas de cálculo e estatística encontrou-se o modelo matemático e a superfície de resposta da área foliar dessa planta em função da água e nutrientes, proporcionando um auxílio para produtores que cultivam essa hortaliça, que poderão usufruir dos dados para plantios futuros.

**Palavras-chave:** Cálculo. Interdisciplinaridade. Nutrientes. Água.

## **ABSTRACT**

This study verified the influence of water and nutrients (such as calcium, phosphorus and nitrogen) availability in the leaf area of the lettuce, given the fact that no other study was found that related these two factors in the development of this vegetable. To answer the problem, two distinct study areas were joined, mathematics and agronomy, each one with its particularities and essential tools, which together provided the acquisition of new knowledge. An experiment was used in which daily, calculated amounts of water and certain nutrient rates were provided for a specific number of plants grown in pots. With Calculus and statistical techniques, we found out the mathematical model and the response surface of the leaf area of this plant in terms of water and nutrients, providing an aid to producers who grow this vegetable, who will be able to use the data for future plantings.

**Key words:** Calculos. Interdisciplinarity. Nutrients. Water.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Método de irrigação cuca de umbu .....	13
Figura 2: Integral de Bernhard Riemann .....	17
Figura 3: Imagem de uma folha de uma das plantas no software Geogebra .....	19
Figura 4: Folha da planta com pontos em sua borda .....	19
Figura 5: Gráfico que representa a linha de tendência referente aos pontos da borda da folha de uma das plantas .....	19
Figura 6: Gráfico que ilustra a área foliar da planta em função das variáveis independentes..	23

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Média da área foliar de cada uma das combinações envolvendo nutrientes e água 21

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>INTERDISCIPLINARIDADE EM MATEMÁTICA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>ALFACE.....</b>	<b>13</b>
3.2.1	DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE .....	13
3.2.2	DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE.....	14
<b>3.3</b>	<b>USO DE SOFTWARES PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS E REALIZAÇÃO DE INTERPOLAÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR E REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA ...</b>	<b>15</b>
<b>3.5</b>	<b>CÁLCULO DE ÁREAS UTILIZANDO INTEGRAIS.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>PLANTIO DA ALFACE.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>TRATAMENTOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4.3</b>	<b>COLETA DE DADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.4</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Estudos interdisciplinares no ensino superior costumam tirar o aluno da sua zona de conforto, fazendo com que busque informação em outras áreas do conhecimento e que estabeleça relações destas com sua formação em andamento. No caso dos cursos de Licenciatura em Matemática, embora o aluno aprenda a buscar artifícios e novos meios para promover o ensino-aprendizagem quando se tornar profissional, os alunos normalmente não são confrontados com outras áreas do conhecimento.

A Análise de Regressão, um dos conteúdos da ementa nas disciplinas de Estatística, normalmente é conduzida, de forma que se apresentam exemplos do cotidiano do aluno, mas na sua maioria, os alunos apenas recebem os problemas, provenientes de livros e acabam não gerando seus próprios dados. Nessa mesma linha de raciocínio, o Cálculo Diferencial e Integral é trabalhado com funções que não descrevem, necessariamente, o comportamento de variáveis da vida real.

Desta forma, conduzir com alunos do ensino superior atividades que envolvam conhecimentos de áreas distintas faz com que o aluno veja sentido nos conteúdos aprendidos. Assim, conduz-se esse trabalho com o intuito de verificar a influência de algumas variáveis no desenvolvimento da alface, por meio de técnicas de estatística e cálculo,

A alface é uma hortaliça mundialmente conhecida, havendo cerca de 23.000 espécies distribuídas por mais de 1.500 gêneros e consumida na forma de salada, devido ao seu sabor agradável e facilidade de preparo. Por ser consumida in natura, a alface conserva suas propriedades nutritivas se tornando excelente fonte de vitaminas e sais minerais, além do baixo teor de calorias, o que a faz indispensável em dietas alimentares (MOTA et al., 2012).

A planta é herbácea, de caule carnoso, onde se prendem as folhas em forma de rosetas. As folhas podem ser lisas ou crespas, formarem ou não cabeça, possuírem coloração em vários tons de verdes, ou roxo, conforme a cultivar (VIEIRA, 2016).

Até o ano de 1990 o Brasil tinha um padrão de consumo de alface tipo lisa que na época representava 51% do total de alface comercializada em São Paulo. A partir do ano de 1990 outras variedades de alface começaram a serem comercializadas, e nos dias de hoje os tipos de alface mais cultivadas, em ordem de importância econômica, são: crespa, americana, lisa e romana (VIEIRA, 2016).

Dada a importância dessa hortaliça, é interessante destacar as variáveis que interferem no seu desenvolvimento. De acordo com Goto e Tivelli (1998, p.15, apud VIEIRA, 2016, p.2) o

principal fator que influencia na produção dessa planta é o clima, sendo que no verão, as chuvas demasiadas danificam as hortaliças e criam condições favoráveis para o aparecimento de doenças. Por outro lado, o frio e os ventos do inverno acabam prolongando o ciclo dessas culturas. Além disso, a disponibilidade de água e nutrientes são fatores que influenciam diretamente no desenvolvimento da planta.

Dentre os nutrientes mais necessários para o pleno desenvolvimento da alface destacam-se o nitrogênio e o potássio. Tais nutrientes em falta para a hortaliça ocasionam reduções no crescimento e na formação da “cabeça” de alface e quando disponibilizados em quantidades adequadas para a planta, proporcionam até maior resistência a geadas e ao aparecimento de doenças (GOTO; TIVELLI, 2016).

Embora existam trabalhos que analisam a influência de nutrientes no desenvolvimento da alface, não se encontram trabalhos que relacionam e apresentam a influência conjunta entre nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio e da disponibilidade de água, no desenvolvimento da mesma.

Assim, justifica-se a apresentação deste trabalho, pelo seu caráter interdisciplinar e pela apresentação de resultados pouco verificados na literatura atual.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Verificar de que forma a disponibilidade de água e nutrientes conjuntamente afetam o desenvolvimento da alface, com a utilização de técnicas de estatística e cálculo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Observar o crescimento da planta durante um período de tempo.

Construir, com o auxílio de software, gráficos que se adequam aos contornos da planta, para análise da área foliar.

Verificar como a disponibilidade de água e nutrientes influenciam na área foliar da alface, utilizando estatística e cálculo.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 INTERDISCIPLINARIDADE EM MATEMÁTICA**

Quando pensamos em educação precisamos considerar que a formação dos alunos seja capaz de responder aos anseios dos mesmos, além de mostrar para estes, sentido aos múltiplos significados que constroem durante sua caminhada escolar. A formação em matemática não é diferente, deve-se formar um aluno capaz de, ao explorar um tema, recorrer a conceitos e instrumentos de outras áreas do conhecimento ou disciplinas, sempre que sentir necessidade.

De acordo com Santos, Nunes e Viana (2017) temos que

A interdisciplinaridade pode ser considerada como um método de interação em uma, duas ou mais disciplinas, podendo ocorrer com uma simples comunicação de ideias até a integração recíproca de finalidades, objetivos, conceitos, conteúdos e metodologia. É possível entendê-la como uma necessidade de reunificar o conhecimento corrigindo os problemas da fragmentação das disciplinas. (SANTOS; NUNES; VIANA, 2017, p. 162)

Referente ao ensino de Matemática, Santos, Nunes e Viana (2017), afirmam que a contextualização dos conteúdos se faz necessária pelo fato de existir uma distância entre os conteúdos que são lecionados e a experiência dos alunos, dificultando a identificação destes últimos com as questões propostas.

Questionamentos sobre a utilização dos conteúdos de Matemática no dia-a-dia são comuns na sala de aula da Educação Básica, e somente através da contextualização é possível despertar o interesse do estudante, bem como trazer sentido para sua aprendizagem, tornando o processo educativo mais prazeroso, visto que este passa a ter relação com a vida cotidiana do educando ou com seus conhecimentos anteriormente adquiridos (SANTOS; NUNES; VIANA, 2017). Isto não acontece somente na educação básica, na educação superior, contextualizar e interdisciplinar os conteúdos matemáticos é algo de muita importância para o acadêmico. Assim, o acadêmico mostra-se mais interessado em aprender, pois, desta forma, consegue aplicar seus conhecimentos obtidos em sala para resolver problemas de outras áreas e também notar que a teoria aprendida em sala de aula é de grande importância na prática.

Pode-se afirmar que o aluno que pratica interdisciplinaridade consegue superar as barreiras das disciplinas em direção a outras áreas sempre que sente esta necessidade. Por meio deste trabalho, integrando conceitos e métodos de área distintas, no caso agronomia, estatística e cálculo, obtêm-se respostas para questionamentos solucionados de forma simples pois ocorre a interação de conhecimentos.

## 3.2 ALFACE

### 3.2.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE

A alface é uma hortaliça que necessita de doses de água com bastante frequência. Sua produção em hidroponia é uma das técnicas de cultivo mais utilizadas atualmente, como afirmam Menegaes et al. (2015). Em seus estudos os autores concluíram que a hidroponia, acompanhada do isolamento da planta, por meio de uma estufa, é uma técnica de produção agrícola adequada às exigências de alta qualidade e produtividade com o mínimo desperdício de água e nutrientes.

Em um estudo realizado por Teles et al. (2018) foi analisada a produção da alface segundo dois métodos de irrigação. Em um dos canteiros, denominado canteiro econômico, foi utilizado o método de irrigação cuca de umbu, que consiste em isolar a planta em um canteiro, por meio de lonas, e fornecer a ela água durante todo o período de cultivo, como mostra a figura abaixo. Neste método a planta está em contato com a terra e também com água durante todo o período.

Figura 1: Método de irrigação cuca de umbu



Fonte: Teles et al. (2018)

No segundo canteiro, denominado canteiro convencional, foi utilizada a técnica de irrigação por meio da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária, estimado pelo método padrão de PenmanMonteith, em que os cálculos não serão apresentados, mas que leva em consideração, para determinar a quantidade de água necessária para a planta, fatores climatológicos.

Os autores concluem que o desenvolvimento da alface foi melhor no sistema de irrigação cuca de umbu, embora neste sistema o consumo de água tenha sido maior quando comparado ao manejo da irrigação via clima utilizando o método padrão de Penman-Monteith.

### **3.2.2 DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE**

A disponibilidade de nutrientes no cultivo da alface é um fator que influencia significativamente no produto final, além disso deve-se destacar que essa disponibilidade afeta inclusive a produção de sementes da planta e também a concentração desses nutrientes na matéria seca da mesma (KANO; CARDOSO; BÔAS, 2010)

Em um estudo realizado por Kano, Cardoso e Bôas (2010) com o intuito de verificar a influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes na alface produzida para sementes, os autores destacaram que os teores de potássio e de magnésio da matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de alface coletadas no final do ciclo foram influenciados significativamente pelas doses de potássio. Entretanto, para os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e enxofre não foram verificados efeitos significativos. Ao compararem os teores de nutrientes da MSPA obtidos neste estudo para a produção de sementes com os teores de nutrientes nas folhas de alface para o consumo, observou-se que os teores de N, P, K, Ca, Mg e S ficaram abaixo da faixa considerada ideal pelos autores. Isto pode sugerir que, para a produção de sementes, os teores são diferentes daqueles encontrados em alface para o consumo de folhas, provavelmente devido ao estágio senescente das plantas ao final do ciclo reprodutivo. Outro destaque feito pelos autores foi que o teor de potássio na MSPA aumentou linearmente com o aumento da dose de potássio aplicada, indicando que a planta aumenta a absorção deste nutriente à medida que aumenta a disponibilidade no solo.

Em estudo realizado por Schwertner et al. (2013) avaliou-se o efeito da aplicação de Acrescent Foliar<sup>®</sup>, proveniente da fermentação alcoólica de batata, na produtividade de alface e composto pelos elementos químicos como N, P, K, Ca, Mg, Fe, entre outros. Os autores conduziram a campo dois experimentos com a cultura da alface, em delineamento blocos ao acaso com três repetições e foram avaliados a fitomassa fresca e a fitomassa seca da parte aérea da alface, a altura da planta, o diâmetro do caule e o número de folhas. Ao concluírem seu trabalho os autores afirmam que a adubação foliar com Acrescent Foliar<sup>®</sup> não influencia na produtividade e nos parâmetros da alface, fato explicado, pois, de acordo com os autores, as doses aplicadas de adubação do biofertilizante não foram suficientes e as quantidades aplicadas deviam ser maiores.

Desta forma nota-se que os nutrientes fornecidos para a alface influenciam diretamente no desenvolvimento da planta se fornecidos de forma satisfatória, caso contrário, o desenvolvimento da planta não se altera em nenhum dos parâmetros.

### **3.3 USO DE SOFTWARES PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS E REALIZAÇÃO DE INTERPOLAÇÃO**

A utilização somente de “lápiz e papel” e do “quadro e giz” normalmente dificulta a abordagem dos conteúdos matemáticos e nesse momento devemos recorrer a mecanismos que nos auxiliem a encontrar respostas para questionamentos de forma mais satisfatória. Para isso existem aplicativos, sites e softwares matemáticos que contribuem para sanar tal dificuldade (GOTZINGER, 2010).

Alguns softwares se destacam em relação a linguagem e comandos, como os softwares GeoGebra® e Excel®. O software GeoGebra® é um software de matemática dinâmica que reúne geometria, álgebra, gráficos e cálculo. Este software permite a criação e movimentação de figuras com uma linguagem e comandos simples (FONTES; MELLO; SANTOS, 2015). O Excel® consiste em um software de planilha eletrônica de cálculo escrito que permite criar planilhas dinâmicas, gráficos, além de realizar operações com banco de dados e também oferece uma série de elementos e operações de estatística (PEREIRA; SOBRINHO, 2010).

Outro software muito utilizado em matemática é o R (R CORE TEAM, 2016), que é ao mesmo tempo um tipo de linguagem e um software computacional e gráfico. O software R oferece como principal vantagem ser um software de código aberto, onde os usuários podem executar o programa como quiserem. O software R é bastante difundido como um software estatístico, mas realiza várias outras tarefas, como por exemplo análises de bioinformática, incluindo alinhamento de sequências e comparação com bases de dados, modelagem, produção de mapas e muitos outros (RITTER; THEY; KONZEN, 2019).

### **3.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR E REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA**

Geralmente, tem-se o interesse em avaliar a relação de uma variável de interesse  $Y$  (variável dependente ou variável resposta) em relação a  $k$  variáveis  $X_j$  (variável independente ou covariável),  $j = 1, 2, \dots, k$ , é o que denominamos análise de regressão linear, que pode ser simples ou múltipla, dependendo da quantidade de variáveis independentes. Esta relação entre estas variáveis é representada por meio de um modelo matemático, em que associa a variável

dependente com as variáveis independentes. De acordo com Barros et al. (2008), um possível modelo para avaliar essa relação pode ser dado por

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

em que,  $n$  é o número de indivíduos,  $y_i$  é a observação da variável dependente para o  $i$ -ésimo indivíduo,  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$  é um vetor de observações das variáveis independentes para o  $i$ -ésimo indivíduo,  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$  é um vetor de coeficientes de regressão (parâmetros) e  $\varepsilon_i$  é um componente de erro aleatório. Assume-se que esses erros são independentes e seguem distribuição normal com média zero e variância desconhecida  $\sigma^2$ .

O modelo (1) é chamado de regressão linear múltipla, pois envolve mais de um coeficiente de regressão. O adjetivo “linear” indica que o modelo é linear em relação aos parâmetros,  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$ , e não porque  $y$  é uma função linear dos  $x$ 's.

### 3.5 CÁLCULO DE ÁREAS UTILIZANDO INTEGRAIS

Segundo Stewart (2011), a integral de Riemann é uma homenagem ao matemático Bernhard Riemann (1826-1866): “A integral definida de uma função integrável pode ser aproximada com qualquer grau de precisão desejado por uma soma de Riemann”.

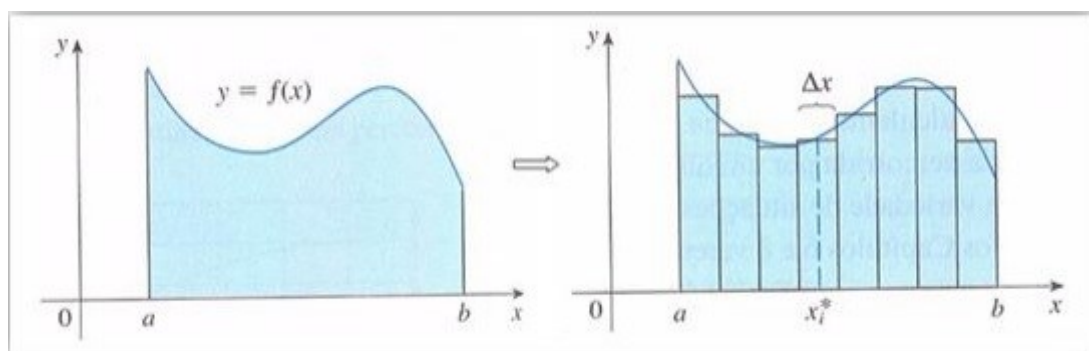
Segundo o autor, a integral definida por Riemann, consiste em dividir um intervalo  $[a, b]$  em  $n$  subintervalos de comprimentos iguais  $\Delta x = \frac{b-a}{n}$  ou seja, dividir o intervalo em  $n$  retângulos (figura 1). Para tal procedimento a função deve ser contínua e definida em  $a \leq x \leq b$ .

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i^*) \Delta x$$

Em que,  $x_0 = a, x_1, x_2, \dots, x_n = b$  são extremidades desses subintervalos, e  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$  são pontos amostrais nestes subintervalos, de forma que  $x_i^*$  esteja no  $i$ -ésimo subintervalo.



Figura 2: Integral de Bernhard Riemann



Fonte: Stewart, 2011, p. 382.

Tem-se que área é um número que representa o tamanho de uma região limitada, e para regiões simples, como retângulos, triângulos, círculos, a área pode ser determinada por meio de fórmulas geométricas. Mas, no caso da área de regiões que não formam um padrão, ou seja, como no caso da (figura 1) se utiliza a integral definida para calcular a área de cada subintervalo, ou seja, a área da região sob a curva  $f(x)$  no intervalo  $[a,b]$  é aproximadamente a soma das áreas dos retângulos, quando se faz o número de retângulos tender ao infinito.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 PLANTIO DA ALFACE

Foram adquiridas 27 mudas germinadas de alface, do tipo lisa, com alturas semelhantes, que foram plantadas em 27 vasos, todos de mesma medida, sendo que cada muda da alface foi plantada em um vaso.

### 4.2 TRATAMENTOS

Cada um dos vasos utilizados para o plantio foi previamente preparado com solo retirado do mesmo local com diferentes concentrações de adubo. Este adubo possuía em sua fórmula quantidades de nitrogênio, fósforo e cálcio.

Os vasos foram numerados, onde os que continham os números de 1 ao 9 não receberam qualquer quantidade deste adubo, os vasos de 10 a 17 receberam uma quantidade calculada de adubo equivalente a 200 kg/ha, baseando-se na medida da superfície dos vasos, e para os vasos numerados de 18 a 27 foi fornecida uma quantidade de adubo equivalente a 300 kg/ha.

Além das quantidades de adubo que cada um dos vasos recebeu, para as mudas de alface foi fornecida uma quantidade diária de água, calculada com base nas temperaturas máxima e mínima de cada dia. Este cálculo foi realizado com o método de Hargreaves-Samani descrito

em Conceição (2005). Este modelo fornece a quantidade de água necessária diariamente para a planta se desenvolver. Segue o modelo:

$$ETc = Kc \cdot ETo$$

em que ETc representa o consumo diário de água da cultura, ou evapotranspiração de cultura, Kc é um coeficiente de cultura que varia de acordo com cada ciclo de desenvolvimento da planta (JUNIOR, 2018) e ETo representa a evapotranspiração de referência, ou perda de água diária do solo e deve ser obtido da seguinte forma:

$$ETo = F \cdot (Tmáx - Tmín) \cdot (Tmáx + Tmín + 35,6)$$

em que F consiste em um coeficiente utilizado por Conceição (2005) e que varia de acordo com cada mês do ano, Tmáx representa a temperatura máxima diária em que a planta foi submetida e Tmín a temperatura mínima diária.

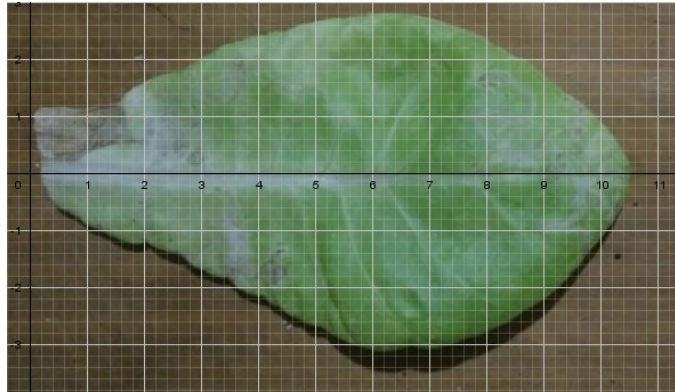
Os vasos estavam divididos em 3 conjuntos, de acordo com a disponibilidade de adubo que havia sido fornecida. Em cada um destes conjuntos foram selecionados ao acaso, 3 vasos que receberam 100% dos valores calculados diariamente de ETc, 3 vasos que receberam 80% da quantidade calculada e os 3 restantes receberam 50% da quantidade que deveriam receber com base nos cálculos de ETc.

### **4.3 COLETA DE DADOS**

A coleta de dados baseou-se em calcular a área foliar de todas as plantas, para isso havia necessidade de calcular a área de cada uma das folhas de todas as plantas. Os dados foram coletados no final da 6ª semana após o plantio da alface, tempo este que de acordo com Santos et al. (2015) é o suficiente para total desenvolvimento da planta. Para a coleta de dados, as folhas de cada planta foram posicionadas em uma bancada e realizada imagem fotográfica de cada folha e em seguida foram plotadas no software Geogebra® para o cálculo da área de cada folha. Abaixo o procedimento adotado a partir da imagem inserida no software;

Passo 1: inserir a imagem no software preservando sua dimensão real;

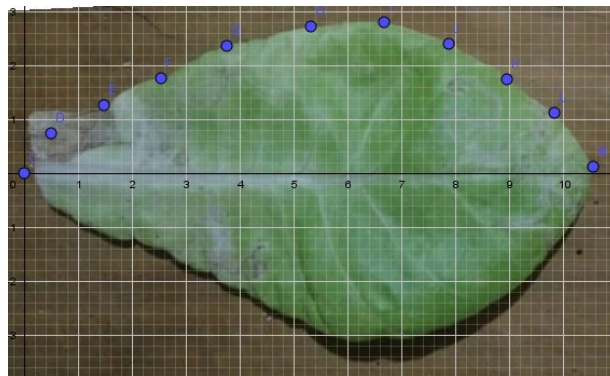
Figura 3: Imagem de uma folha de uma das plantas no software Geogebra



Fonte: Imagem do autor

Passo 2: criar alguns pontos na borda da folha.

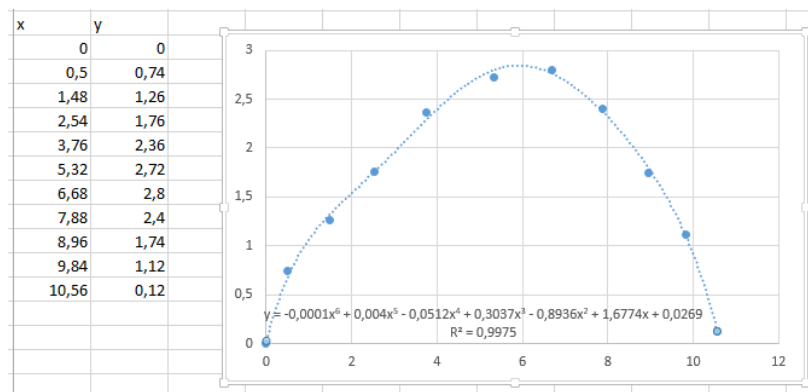
Figura 4: Folha da planta com pontos em sua borda



Fonte: Imagem do autor

Passo 3: no software Excel inserir as coordenadas dos pontos criados na borda da folha para então gerar um gráfico de dispersão e em seguida adicionar uma linha de tendência polinomial, de mesmo grau para todas as folhas, que melhor descreva os pontos da imagem. Para cada linha de tendência gerada pode-se observar o valor de  $R^2$  que representa a qualidade do modelo gerado, ou ainda, como os dados são descritos pela função.

Figura 5: Gráfico que representa a linha de tendência referente aos pontos da borda da folha de uma das plantas



Fonte: Imagem do autor

Passo 4: em posse da função basta calcular a integral definida utilizando os extremos da folha.

#### **4.4 ANÁLISE DOS DADOS**

De posse dos dados, foi realizada a tabulação dos mesmos, além de realizar-se análise de regressão linear múltipla, para avaliar o comportamento da área foliar em função da quantidade de adubo e disponibilidade de água. A análise de regressão linear múltipla, assim como a geração de mapas de superfície, ilustrando os modelos obtidos, foi realizada com o auxílio do software R.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Experimentos práticos para serem realizados exigem muito estudo e muita dedicação. Precisa-se entender, especificamente neste trabalho, a influência de inúmeros fatores que afetam o crescimento de uma planta, tais como, presença de luminosidade, teores de nutrientes no solo, temperatura em que a planta se encontra exposta e taxas adequadas de água. Fatores estes que fizeram com que a coleta de dados fosse refeita, pelo fato das plantas terem ficado expostas durante um período excessivo aos raios solares, ou pelo ao fato de haver-se oferecido em demasia quantidade de água a uma grande quantidade de plantas.

Na experiência bem-sucedida de coleta de dados pode-se encontrar números que representavam a área foliar de cada uma das plantas, seguindo o método já descrito no trabalho. A representação abaixo apresenta a média de cada um dos tratamentos, que envolveram combinações de água e nutrientes. Logo, a tabela elenca a taxa de nutrientes e a porcentagem de água, calculada, fornecida diariamente para cada planta, com a respectiva média de cada tratamento.

Tabela 1: Média da área foliar de cada uma das combinações envolvendo nutrientes e água

<b>Porcentagem de água disponível<sup>(1)</sup></b>	<b>Taxa de nutrientes em kg/ha</b>	<b>Média do tratamento em cm<sup>2</sup></b>
100	0	105,63
100	200	247,47
100	300	311,43
80	0	136,68
80	200	222,03
80	300	275,57
50	0	0
50	200	0
50	300	0

<sup>(1)</sup>Esta porcentagem de água disponível para a planta é baseada na quantidade necessária para o pleno desenvolvimento da hortaliça, assim, 100 corresponde a quantidade ideal que deveria ser fornecida.

Diante dos resultados expostos acima ficam evidentes a influência de fatores externos no crescimento da alface. Podemos citar que a planta em questão necessita de doses significativas

de água diariamente, fato evidenciado pelas plantas que receberam quantidades reduzidas de água terem morrido.

A predominância de nutrientes no solo é de suma importância, talvez não de forma tão significativa quanto a de água, dado o fato de que as plantas que não receberam qualquer quantidade do composto de nutrientes terem apresentado uma área foliar não nula, mas aquelas em que foi fornecido taxas de água em demasia e possuíam quantidades de nutrientes significativas no solo acabaram por fornecer área foliar igual a zero.

Segundo Nunes et al (2009), para um bom desenvolvimento da cultura da alface é fundamental o fornecimento de água de acordo com a demanda da planta. Os autores salientam que a melhor forma de garantir essa demanda é utilizando a evapotranspiração de cultura, método utilizado neste trabalho para irrigar diariamente as plantas. Os autores evidenciam que essa planta não consegue se adaptar ao excesso e a falta de água sendo de suma importância então evitar a falta e o excesso de água.

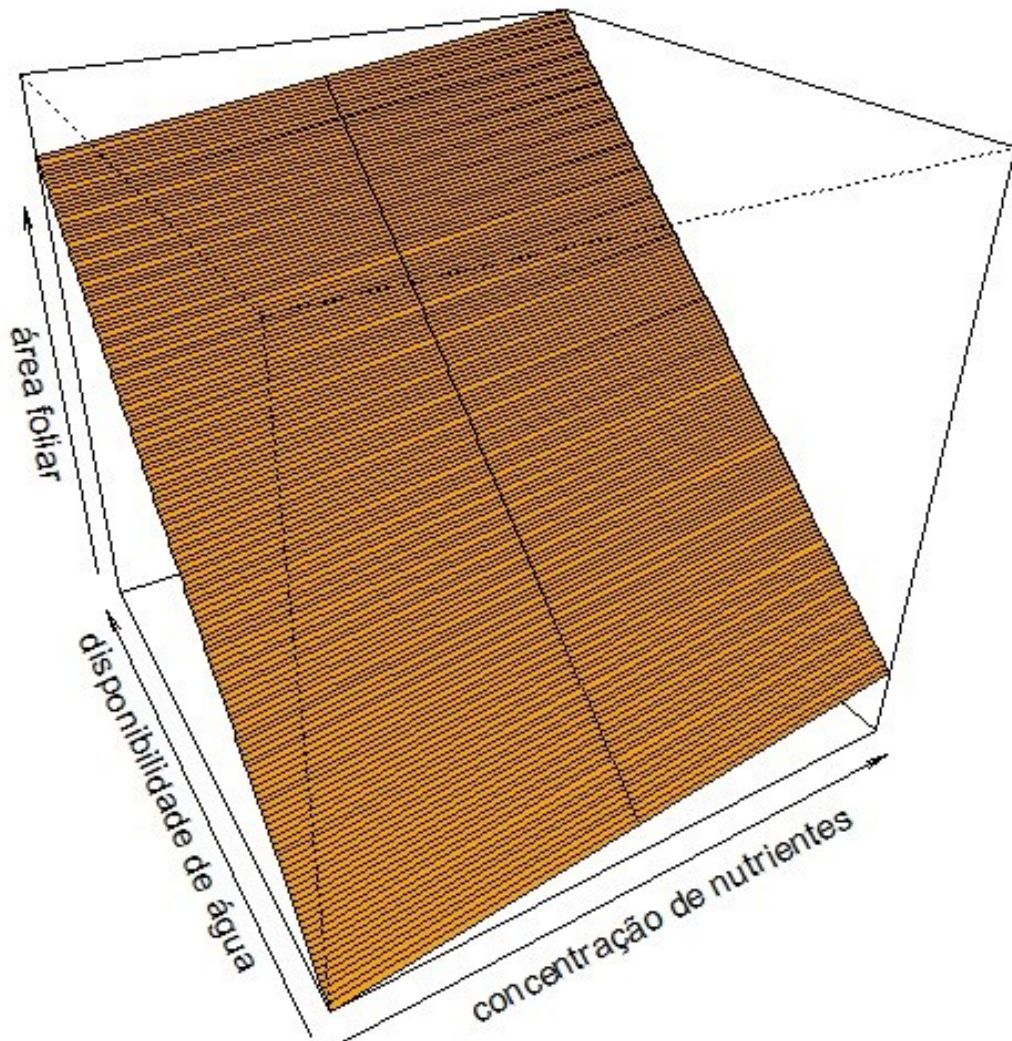
Ao utilizar a fórmula diariamente para encontrar as doses adequadas de água para a alface desprezou-se o excesso de água, pois os valores que eram encontrados refletiam a quantidade adequada de água. Estávamos a testar o quanto diminuía a área foliar decrescendo a taxa de água fornecida. Fato que ficou evidenciado, como elencaram Nunes et al (2009) de que a planta não se adequa a escassez de água, mesmo estando plantada em um solo com taxas de nutrientes.

Outra forma de análise dos dados experimentais foi a utilização do software R<sup>®</sup>, já descrito no trabalho. Por meio desse software realizou-se análise de regressão múltipla, culminando em um modelo matemático que descreve a área foliar, em função da porcentagem de água fornecida e da concentração de nutrientes, descrito por  $a$  e  $n$ , respectivamente. Este modelo representa a relação entre as variáveis independentes, água e nutrientes, e a variável resposta, área foliar.

$$y = -269,715 + 4,3a + 0,391n$$

A Figura 6 representa a relação entre as variáveis independentes e a variável resposta.

Figura 6: Gráfico que ilustra a área foliar da planta em função das variáveis independentes



Fonte: Imagem do autor

Podemos citar evidentemente que o aumento da disponibilidade de água e a concentração de nutrientes no solo culminam claramente no aumento da área foliar.

No experimento o composto fornecido para as plantas continha proporções de nitrogênio, fósforo e potássio. Para os autores Kano, Cardoso e Bôas (2010) o nitrogênio e o potássio são os elementos mais extraídos pelas plantas e quando não fornecidos provocam redução no crescimento da planta, ao contrário, quando fornecidos de quantidades adequadas, os autores salientam que estes dois elementos provocam alta resistência a geada e a seca.

Fica evidente os estudos de Kano, Cardoso e Bôas (2010) no experimento. As plantas que não receberam o composto de nutrientes obtiveram resultados alarmantes se comparadas as outras. Isto justifica-se segundo os autores porque os nutrientes fornecidos provocam resistência na planta. Deve-se enfatizar que não estamos alegando que o composto provoca

crescimento na planta, mas sim resistência. Este composto fornecendo resistência para a planta em relação principalmente a seca, onde temos em geral altas temperaturas, fato este que ocorreu, no período de coleta de dados, durante a estação de verão, possibilitou que a planta obtivesse melhor desenvolvimento. Se compararmos as plantas que receberam as duas taxas de nutrientes observamos pouca diferença numérica, podendo ser pelo fato da concentração de nutrientes não ser tão discrepante entre as duas, a diferença principal se encontra em relação as plantas que não receberam o composto e as que receberam.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado, com objetivo de avaliar a área foliar da alface com influência de fatores como a água e nutrientes, nos trouxe inúmeros desafios, principalmente em relação ao estudo das características e propriedades da planta em questão. Foi necessário realizar o plantio da alface mais de uma vez, dado o fato que se evidenciou claramente a influência da água para o desenvolvimento da planta.

No experimento bem-sucedido de coleta de dados, foram encontrados resultados muito significantes, que evidenciaram que a água e os nutrientes são de suma importância para esta hortaliça.

Este trabalho pode proporcionar, de forma favorável, um auxílio para produtores que lidam com essa planta. Os resultados elencados podem ser utilizados para diminuir custos na produção da hortaliça, uma vez que ficou evidente a necessidade e as taxas adequadas de nutrientes e água para a planta.

Outro item que deve ser elencado é que conseguiu-se reunir dois fatores, um deles a água e o outro os nutrientes, no desenvolvimento da mesma planta, algo que não foi estudado e publicado em trabalhos pesquisados.

Conseguiu-se com este trabalho reunir disciplinas distintas com um propósito em comum, responder qual a importância de nutrientes e de água no desenvolvimento da alface. E também destaca-se que com este trabalho, foi apresentada uma metodologia para que professores de cálculo e/ou estatística possam realizar com seus alunos.

## REFERÊNCIAS

BARROS, Emílio Augusto Coelho et al. **Métodos de estimação em regressão linear múltipla: aplicação a dados clínicos**. Revista Colombiana de Estatística, [s.i], v. 31, n. 1, p.111-129, jun. 2008. Disponível em: <<http://emis.ams.org/journals/RCE/body/v31n1a07CoelhoEtAl.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2019.

CONCEIÇÃO, Marco Antônio Fonseca. **Sistema de produção de uva de mesa no norte do Paraná**. Revista Embrapa uva e vinho, dez. 2005.

FONTES, Bárbara Cunha; MELLO, Cristiane Neves; SANTOS, Marli Regina dos. **CONHECENDO E EXPLORANDO O GEOGEBRA**. Universidade Federal de Viçosa/ Departamento de matemática, Viçosa, 2015. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/emem/files/2015/10/CONHECENDO-E-EXPLORANDO-O-GEOGEBRA.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2020.

JUNIOR, João Carlos Borges. **Uso racional da água na irrigação em pequenas propriedades: Métodos, estratégias e manejo de irrigação**. 11ª semana de integração tecnológica da Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2018. Disponível em: <[https://www.jcborges.eng.br/\\_Cursos/Minicurso%20SIT%202018%20-%20jcborges%20-%20parte%202.pdf](https://www.jcborges.eng.br/_Cursos/Minicurso%20SIT%202018%20-%20jcborges%20-%20parte%202.pdf)>

KANO, Cristiaini; CARDOSO, Antonio Ismael Inácio; BÔAS, Roberto L Villas. **Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface**. Horticultura Brasileira, [s.i], v. 28, n. 3, p.387-391, ago. 2010.

MOTA, W. F.; PEREIRA, R. D.; SANTOS, G. S. Santos. **Agronomic and economic viability of intercropping onion and lettuce**. Horticultura Brasileira, Janaúba–MG, p. 349-354, 6 fev. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n2/v30n2a28.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2019.

MENEGAES, Janine Farias et al. Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico. **Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p.102-108, set. 2015.

NUNES, Anderson Luis; BISPO, Noryam Bervian; HERNANDEZ, Ricardo; NAVARINI, Lucas. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alface para a região sudoeste do Paraná**. Revista Scientia Agraria, Curitiba, v.10, n.5, p.397-402, out. 2009.

PEREIRA, Daniel dos Santos; SOBRINHO, Elias da Silva. **TCC-Utilização do aplicativo Microsoft Excel no ensino da Estatística**. Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Macapá, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.rproject.org/>>.

RITTER, Matias do Nascimento; THEY, Haig; KONZEN, Enéas. **Introdução ao software estatístico R**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Imbé, 2019. Disponível

em: <[http://professor.ufrgs.br/sites/default/files/matiasritter/files/apostila\\_introducao\\_ao\\_r\\_ritter\\_they\\_and\\_konzen.pdf](http://professor.ufrgs.br/sites/default/files/matiasritter/files/apostila_introducao_ao_r_ritter_they_and_konzen.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2020.

SANTOS, Fernanda Pereira; NUNES, Celia Maria Fernandes; VIANA, Marger da Conceição Ventura. **Currículo, interdisciplinaridade e contextualização na disciplina de Matemática**. Educação Matemática Pesquisa, São Paulo, v. 19, p.157-181, 2017. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/33080>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

SANTOS, Esdras da Silva Santos et al. **Coefficiente de cultura da alface para região de tangará da serra, MT**. Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.11, n.21, p. 566-577, jun. 2015.

SCHWERTNER, Diogo Vanderlei et al. **Produtividade de alface e qualidade de mudas de tomateiro com bioproduto de batata**. Ciencia Rural, Santa Maria, v. 43, n. 3, p.404-410, mar. 2013.

TELES, Elton Carlos Pereira Vieira de Alencar et al. **Desenvolvimento orgânico da alface cv. Veneranda em diferentes canteiros e manejo de irrigação**. Pubvet, São Paulo, v. 12, n. 10, p.1-6, out. 2018. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/uploads/c61ba0f5052197eebd2a371935a249b2.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

VIEIRA, JANIELE CÁSSIA. **Desempenho de quatro cultivares de alface em diferentes ambientes e épocas de cultivo no município de viçosa-mg**. 2016. TESE (Doctor Scientiae) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, VIÇOSA, 2016.