



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR LICENCIATURA EM MATEMÁTICA**

GABRIELLE COSTA NASCIMENTO

ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL: O Contexto Matemático na Agronomia

**PALMAS
2025**

GABRIELLE COSTA NASCIMENTO

ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL: O Contexto Matemático na Agronomia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Matemática do Instituto Federal do Tocantins –
Campus Palmas, como exigência à obtenção do
grau de Licenciado em Matemática
Orientador: Prof. Me. Magno Márcio de Azevedo

PALMAS

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

N244e Nascimento, Gabrielle Costa
ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL : O Contexto Matemático na
Agronomia / Gabrielle Costa Nascimento. – Palmas, TO, 2025.
29 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Me. Magno Márcio Azevedo

1. Matemática. 2. Ciências Agrárias. 3. Estatística Experimental. I.
Azevedo, Magno Márcio. II. Título.

CDD 510

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

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

GABRIELLE COSTA NASCIMENTO

ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL: O Contexto Matemático na Agronomia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Matemática do Instituto Federal do Tocantins –
Campus Palmas, como exigência à obtenção do
grau de Licenciado em Matemática

Data de aprovação: 26/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Magno Márcio Azevedo

Orientador

IFTO

Prof. Dr. Wallysonn Alves de Souza

IFTO

Prof. Me. Edson Luiz Kraemer

IFTO

Agradecimentos

- A Deus que foi meu alicerce e minhas forças em todos os momentos
- Ao meu marido que me apoiou e auxiliou desde o início dessa jornada
- Ao meu filho que me motivou a perseverar e continuar
- Aos meus pais que confiaram em mim e me apoiaram em todas as etapas
- Ao meu orientador por suas contribuições

“O livro do mundo está escrito em
linguagem matemática.”

- Galileu Galilei

RESUMO

A Matemática está inserida nas mais diversas áreas do conhecimento, inclusive nas Ciências Agrárias, com destaque para a Estatística Experimental. Dentro dessa está contida a Análise de Variância, elemento de grande relevância no processo estatístico experimental conduzido em pesquisas científicas, trazendo, cada vez mais nitidamente, a matemática para perto da agricultura. Objetivando essa afinidade e relevância da pesquisa – esta de cunho de natureza básica, de abordagem qualitativa e de objetivo descritivo-exploratório – o presente estudo percorre todas as etapas de sua confecção: desde a hipótese inicial para realização dos cálculos e suas fórmulas, até posterior generalização dos resultados e confirmação ou não da hipótese. Busca-se ainda, apresentar contextos importantes para ambas áreas de atuação, a fim de demonstrar a participação de uma esfera de conhecimento na outra.

Palavras-chave: Matemática; Ciências Agrárias; Estatística Experimental; Análise de Variância.

ABSTRACT

Mathematics is present in the most diverse areas of knowledge, including Agricultural Sciences, with emphasis on Experimental Statistics. This includes Analysis of Variance, an element of great relevance in the experimental statistical process conducted in scientific research, bringing mathematics ever more clearly closer to agriculture. Aiming at this affinity and relevance of research – which is basic in nature, qualitative in approach and descriptive-exploratory in purpose – this study covers all stages of its preparation: from the initial hypothesis for performing calculations and their formulas, to subsequent generalization of results and confirmation or not of the hypothesis. It also seeks to present important contexts for both areas of activity, in order to demonstrate the participation of one sphere of knowledge in the other.

Keywords: Mathematics; Agricultural Sciences; Experimental Statistics; Analysis of Variance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tabela F 5%.....	21
Figura 2 - Valor de Ftab	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela da ANAVA	20
Tabela 2 - Variação do rendimento de grãos	22
Tabela 3 - Análise de variância do rendimento de grãos de duas cultivares ...	25
Tabela 4 - Resultado das médias das cultivares	26

LISTA DE SÍMBOLOS

Σ	Somatório
μ	Média populacional de tratamento
α	Nível de significância
β	Probabilidade de recusar a hipótese

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	PANORAMA DA ESTATÍSTICA APLICADA À PESQUISA AGRÍCOLA	13
2.1	ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL.....	13
2.2	ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANAVA).....	15
2.3	A ESTATÍSTICA NA ANÁLISE DE VARIÂNCIA	16
3	METODOLOGIA	18
4	ENTENDENDO OS FUNDAMENTOS E PROCEDIMENTOS DA ANAVA....	19
4.1	UMA ABORDAGEM DETALHADA.....	19
4.2	APLICAÇÃO PRÁTICA DA ANAVA: UM ESTUDO DE CASO ILUSTRATIVO.	22
5	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores questionamentos da atualidade acerca da Matemática é sua necessidade e utilidade em outros campos de saberes. Em resposta a indagações como essas, o presente trabalho dispõe de um certo domínio técnico, com o propósito de contribuir para a elucidação de ideias.

Reconhecida pelo estudo de John Graunt (1620-1674) e William Petty (1623-1687), que consistia essencialmente em exaustivas análises de nascimentos e mortes, realizadas através das Tábuas de Mortalidade, “A Estatística é a ciência que se utiliza das teorias probabilísticas para explicar a frequência da ocorrência de eventos” (SAMPAIO; DANELON, 2015, p. 1).

Especificamente, a Estatística Experimental chega a tratar dos “métodos apropriados aplicados a dados experimentais” (NUNES, 2011, p. 1). A partir disso, segue-se um conjunto de etapas que permite executar e concluir experimentos de forma sistemática. Contribuindo de forma substancial para o desenvolvimento científico e permitindo a generalização de seus resultados, a experimentação agrícola se constitui como o objeto de estudo do presente trabalho.

Em áreas de pesquisa dessa natureza, é inviável trabalhar com toda a população de estudo, por isso a necessidade da utilização de amostras para posterior experimentação. Os conceitos básicos estatístico-experimentais são: Experimento, Hipótese Científica, Fator, Níveis do Fator, Tratamentos, Parcela, Bordadura, Delineamento Experimental, Variável Resposta e Variáveis de Ambiente (NUNES, 2011).

Diante disso, a questão investigativa desta pesquisa busca responder, de forma satisfatória, às seguintes indagações: De que forma a Matemática se faz presente nas ciências agrárias? Qual a relevância da estatística na experimentação agrícola? E qual a importância da análise de variância (ANAVA) nos resultados de uma pesquisa experimental?

Nesta conjuntura, o presente ensaio tem como finalidade contextualizar a matemática através da estatística experimental nas ciências agrárias, particularmente na agronomia. Especificamente, propõe conhecer o contexto histórico da estatística básica e experimental e seus principais conceitos, apresentar a estrutura de uma ANAVA e ilustrar uma aplicação prática com o uso desse método de análise estatística.

Ao fazê-lo, reforça não apenas a inserção matemática em variados âmbitos, como também demonstra uma aplicação prática em diversas aplicações básicas do campo, pecuária e florestas.

A partir da compreensão conceitual e aprofundamento da pesquisa, tem-se hipóteses a se considerar e provar, a fim da obtenção de resposta ao questionamento inicial. Para tal, dispõe-se de dois tipos de hipóteses estatísticas: a nula, onde não há diferença entre tratamentos e a alternativa, onde pelo menos um tratamento se difere de outro. Assim, dá-se início ao processo onde grupos podem ser comparados ao mesmo tempo (SOUZA, 2005).

O presente estudo foi organizado de modo que em seu segundo capítulo, aborda o método científico aplicado à Estatística Experimental, estruturado em três subtópicos: o primeiro trata da Estatística Experimental como ferramenta fundamental na pesquisa agrônômica; o segundo discorre sobre a Análise de Variância (ANAVA) como técnica estatística de destaque; e o terceiro estabelece a relação direta entre a Estatística e a ANAVA, demonstrando a importância de conceitos estatísticos na condução dessa análise.

O quarto capítulo, por sua vez, intitulado “Entendendo os Fundamentos e Procedimentos da ANAVA”, organiza-se em dois subtópicos: o primeiro aprofunda-se em uma abordagem detalhada dos fundamentos, procedimentos e cálculos que compõem a análise; o segundo aplica tais conceitos em um estudo de caso ilustrativo, possibilitando visualizar na prática como essa contribui para experimentos agrícolas. Assim, reafirma-se a relevância da Matemática, por meio da Estatística, como instrumento indispensável na ciência agrária e na obtenção de resultados confiáveis para o campo, pecuária e manejo florestal.

Vista necessidade de exploração do conhecimento, tomando em conta importância conceitual e histórica, o intuito é tornar possível visualizar a matemática em outra área de conhecimento, através da estatística experimental, não apenas para fins bibliográficos, mas também como recurso na manifestação da necessidade de presença matemática em todos os âmbitos.

2 PANORAMA DA ESTATÍSTICA APLICADA À PESQUISA AGRÍCOLA

Memória (2004) cita o Renascimento como marco inicial do despertar de interesse pela coleta de dados estatísticos. O autor destaca, ainda, que a primeira tentativa de se extrair conclusões a partir de dados numéricos ocorreu apenas no século XVII, na Inglaterra, com o que foi denominado Aritmética Política – origem do que atualmente se conhece como demografia. Já a partir do século XX, com os trabalhos pioneiros de Ronald Fisher, Zimmermann (2014) destaca o início do estabelecimento da Estatística Experimental, fundamentada sobretudo nos conhecimentos matemáticos e probabilísticos já desenvolvidos nos séculos XVIII e XIX.

A adoção do método científico é fundamental para o desenvolvimento de pesquisas que visam a obtenção de resultados confiáveis, precisos e aplicáveis, especialmente no contexto da agricultura. Nesse cenário, a estatística experimental surge como uma ferramenta indispensável, ao fornecer fundamentos necessários para o planejamento de experimentos, coleta de dados de forma sistemática, análise rigorosa de resultados e interpretação fundamentadas das conclusões.

2.1 ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL

Para a realização de uma pesquisa científica, independentemente de sua área de conhecimento, é necessário seguir um conjunto de etapas definidas pelo método científico: definição do problema de pesquisa, formulação de hipóteses, experimentação para verificação dessas hipóteses e avaliação e generalização dos resultados (NUNES, 2011).

Definir o problema de pesquisa no método científico é um processo crucial que envolve identificar um tópico relevante, formular uma pergunta específica, delimitar claramente os limites do estudo, estabelecer objetivos claros e justificar a importância do trabalho. Além disso, trabalhar a bibliografia de modo que a revisão seja bem-feita com o intuito de não o tornar repetitivo (FILHO, LÚCIO E LOPES, 2009).

A formulação de hipóteses é essencial para estruturar a pesquisa, delineando relações entre variáveis que podem ser testadas por experimentos ou coleta de dados. A hipótese nula assume a ausência de efeito ou relação, enquanto a hipótese alternativa propõe o contrário.

Quanto a experimentação no método científico, é crucial para o teste das hipóteses. É através de experimentos com controles assistidos que se pode manipular variáveis observando sua influência no estudo em questão. Além disso, experimentos cuidadosamente planejados oferecem evidências empíricas que solidificam ou confutam as hipóteses, o que coadjuva para o desenvolvimento do conhecimento científico (NORMAN, 2013).

Ao final de um experimento, cabe ao cientista avaliar os resultados e verificar sua confiabilidade. A generalização dos resultados procura compreender o grau de aplicabilidade fora do contexto experimental, claramente considerando variações contextuais e populacionais.

Observando essas etapas, se nota como a Estatística torna-se importante quanto a validar trabalhos de pesquisa. “A Estatística é, portanto, parte integrante e essencial do método científico, encontrando aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento” (NUNES, 2011, p. 1).

Rocha e Júnior (2018) citam a mudança através dos avanços tecnológicos, com cada vez mais a necessidade de utilização de *softwares* de estatística para verificação de resultados experimentais. Infelizmente, pesquisadores possuem dificuldade para executar alguns desses modelos ao ignorarem seus requisitos e ordem, dada importância de cada passo.

Beltrão e Iglioni (2010) são assertivos ao citarem a possibilidade de utilização da Matemática como recurso no estudo de fenômenos;

Neste sentido, utilizar exemplos agronômicos, zootécnicos e floresteiros para explicar conceitos de Matemática, pode se configurar como uma forma objetiva e clara para demonstrar o quanto a Matemática é útil e fundamental na agricultura, na pecuária e nas florestas (PEREIRA, 2020, p. 17).

Como evidencia Sviercoski (2008) em relação a importância do avanço dessas áreas, especialmente ao se tratar da necessidade da “fundamentação matemática

para a análise e quantificação de impactos socioambientais, bem como para modelização de alternativas economicamente viáveis”. (PEREIRA, 2020).

2.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANAVA)

Apesar de acesso aos métodos de pesquisa, há um problema evidentemente comum em experimentos estatísticos, que é a comparação das médias de alguns tratamentos de interesse para verificar se há evidências que diferem entre si e, no caso dessa diferença ser encontrada e significativa, qual(is) o(s) melhor(es) tratamento (s). (PAGOTTO; RODRIGUES, 2020, p. 426). Gomes (1990) define ANAVA como um modelo estatístico que avalia se as médias de duas ou mais populações são idênticas ou distintas, podendo, assim, ser a solução para o problema inicial.

“ANAVA consiste essencialmente na decomposição da variação total de um conjunto de dados experimentais em partes atribuídas a causas conhecidas e controláveis (tratamentos, blocos, etc) e em outra parte de natureza desconhecida e incontrolável denominada genericamente de erro experimental” (NUNES, 2011, p. 9).

Onde Variação total dos dados é igual a variação entre tratamentos mais variação do erro experimental. “O teste F é, neste caso, o indicado para comprovação ou não da validade das hipóteses” (ZIMMERMANN, 2014, p. 33), uma vez que esse processo o decide objetivamente através do nível de significância.

Dentre os diferentes tipos de delineamentos experimentais aplicáveis à pesquisa científica, destaca-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), caracterizado pela distribuição totalmente aleatória das unidades experimentais, sendo este o mais simples entre todos, pela praticidade ao que se refere à um eventual controle local. Conforme Zimmermann (2014, p. 51) “Este delineamento apresenta como características principais a necessidade de homogeneidade de ambiente para todas as unidades experimentais e a possibilidade de diferentes números de repetições para cada tratamento em teste”. Em contrapartida, exige que seu pesquisador domine o ambiente que receberá o experimento em questão.

Para garantir a aleatorização adequada no DIC, deve-se inicialmente numerar suas parcelas; sortear de modo aleatório e ir assumindo-as das primeiras até as últimas. Temos o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij} \quad (1)$$

onde Y_{ij} é o valor observado da parcela que recebeu o tratamento i na repetição j ; μ é a média geral; t_i é o efeito do tratamento i ; e_{ij} é o erro experimental associado à parcela que recebeu o tratamento i na repetição j . (NUNES 2011). Assim, são testadas as duas hipóteses estatísticas possíveis.

2.3 A ESTATÍSTICA NA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Como abordado, a estatística é o objeto central da experimentação agrícola. Assim sendo, envolve todos os seus principais conceitos e definições, tais como população e amostra, variáveis, média, desvio e desvio médio, variância, desvio padrão, soma de quadrados, grau de liberdade, média quadrática, estatística F, hipóteses estatísticas, nível de significância e distribuição F. (BUSSAB; MORETTIN, 2017).

Na análise de variância (ANAVA), o ponto de partida é o entendimento de população e amostra. A população corresponde ao conjunto total de elementos de interesse, enquanto a amostra é uma parte representativa retirada dessa população (TRIOLA, 2015). As variáveis envolvidas podem ser quantitativas ou qualitativas, dependendo do tipo de característica medida nos experimentos agrícolas (LARSON; FARBER, 2014).

A média aritmética representa o valor central de um conjunto de dados, servindo como medida de tendência central. Junto a ela, temos o desvio e o desvio médio, que indicam a variação individual dos dados em relação à média (BUSSAB; MORETTIN, 2017). A variância e o desvio padrão quantificam a dispersão dos dados e são fundamentais para medir a variabilidade dentro e entre os grupos comparados (FIELD, 2017).

A soma de quadrados é o total da variação ao redor da média geral e é decomposta em partes atribuídas aos tratamentos e ao erro experimental (MONTGOMERY, 2019, p. 49). Essa decomposição é essencial para calcular os graus de liberdade, que representam o número de valores independentes envolvidos nos cálculos (GUJARATI; PORTER, 2019, p. 183). Dividindo as somas de quadrados pelos respectivos graus de liberdade, obtêm-se as médias quadráticas, que formam a base para o cálculo da estatística F.

A estatística F é a razão entre a média quadrática entre os grupos e a média quadrática dentro dos grupos, permitindo testar se as médias populacionais são iguais (BUSSAB; MORETTIN, 2017, p. 281). Como destacam Bussab e Morettin (2017, p. 281), “a razão F é utilizada para comparar duas estimativas independentes de uma variância populacional comum”, sendo o núcleo do teste de hipóteses na ANAVA.

Nesse contexto, na ANAVA testa-se a hipótese nula de que todas as médias são iguais contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma média difere (TRIOLA, 2015, p. 519). O nível de significância – geralmente fixado em 5% – define a probabilidade máxima de cometer o erro tipo I, ou seja, rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira (GUJARATI; PORTER, 2019, p. 185).

Por fim, a distribuição F é a distribuição teórica que descreve o comportamento da estatística F sob a hipótese nula.

Os pressupostos do modelo de análise de variância incluem a normalidade dos erros, homogeneidade das variâncias e independência das observações. Quando esses pressupostos são violados, o teste F pode não manter o nível de significância especificado, e os resultados obtidos podem ser enganosos, comprometendo as inferências realizadas a partir da análise (MONTGOMERY, 2019, p. 52).

A aplicação correta da ANAVA exige que os pressupostos de independência, normalidade e homogeneidade de variâncias sejam atendidos (FIELD, 2017, p. 382). Quando isso não ocorre, os resultados podem ser comprometidos, exigindo a adoção de métodos alternativos ou transformações nos dados (MONTGOMERY, 2019, p. 38).

3 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa de natureza básica, de abordagem qualitativa e de objetivo descritivo-exploratório, tendo por finalidade demonstrar a necessidade e importância da Matemática nas Ciências Agrárias, afim de apresentar os conceitos básicos da Estatística Experimental e seus contextos.

O método de pesquisa tem como referência principal materiais de aula produzidos por profissionais da área de investigação. Dentre esses, destaca-se Nunes (2011), por apresentar em seu material conteúdo teoricamente preciso, didático e completo.

Todos os autores consultados destacam o uso e a relevância da Análise de Variância (ANAVA) no âmbito da experimentação agrícola. Além disso, apresentam o método de aplicação técnica, tal como exemplos práticos de pesquisas realizadas tanto na agricultura como na pecuária, evidenciando sua importância e aplicações dentro da área do conhecimento em estudo.

A construção da base conceitual fundamentou-se em diversas fontes, tais como artigos científicos sobre experimentações agrícolas, teses de mestrado e doutorado, o livro “Estatística aplicada à pesquisa agrícola” (ZIMMERMANN, 2014) e materiais de aula confeccionados por professores das Ciências Agrárias, todos alinhados com a temática proposta. Complementarmente foram utilizadas pesquisas digitais por meio do Google Acadêmico, SciELO e Periódicos Capes utilizando-se de palavras-chave como “estatística experimental” e “análise de variância”, foram selecionados e analisados aproximadamente 7 artigos científicos.

Assim, por meio do estudo aprofundado de todo material coletado ao longo do tempo, busca-se adquirir domínio sobre o tema previamente definido e abordado neste trabalho, compreendendo suas aplicações e contextos, tanto históricos quanto sociais.

4 ENTENDENDO OS FUNDAMENTOS E PROCEDIMENTOS DA ANAVA

A Análise de Variância (ANAVA) é uma das ferramentas estatísticas mais empregadas na pesquisa experimental, especialmente na área agrícola, por permitir comparar médias de diferentes grupos ou tratamentos de forma simultânea (MONTGOMERY, 2019; PIMENTEL-GOMES, 2009). Neste capítulo, será realizado um exame minucioso dos passos e da estrutura da ANAVA, desde a exposição dos pressupostos básicos até a análise dos resultados obtidos, visando oferecer uma base sólida para a aplicação efetiva desta ferramenta estatística.

4.1 UMA ABORDAGEM DETALHADA

A análise de variância é crucial para a avaliação de diferenças estatisticamente significativas entre grupos, bem como para a interpretação adequada das relações entre variáveis (FIELD, 2013). Nesse contexto, Nunes (2011) apresenta os dois passos iniciais ao realizar uma ANAVA, com a formalização das hipóteses estatísticas prévias: cálculo das Somas de Quadrados Total (*SQ Total*), que é dada pela Soma de Quadrados de Tratamentos (*SQ Trat*) e a Soma de Quadrados do Erro Experimental (*SQ Erro*), assim sendo:

$$SQ\ Total = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - C \quad (2)$$

Em que Y é a variável resposta e ao isolarmos C teríamos a correção dada por:

$$C = \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n} \quad (3)$$

Em que n é o número de parcelas.

Tem-se ainda o Cálculo dos Quadrados Médios (QM), definidos como a razão entre a SQ pelo respectivo grau de liberdade. Então, temos:

$$(QM\ Trat) = \frac{SQ\ Trat}{GL\ Trat} \quad (4)$$

$$(QM\ Erro) = \frac{SQ\ Erro}{GL\ Erro} \quad (5)$$

Destes tem-se que sua Soma de Quadrado de Tratamento ($SQ\ Trat$) é definida por:

$$SQ\ Trat = \sum_{i=1}^t \frac{T_i^2}{r_i} - C \quad (6)$$

Em que: T_i é o total do tratamento i ; r_i é o número de repetições do tratamento i . E que a Soma de Quadrados do Erro experimental ($SQ\ Erro$) constituída por:

$$SQ\ Erro = SQ\ Total - SQ\ Trat \quad (7)$$

Assim, utiliza-se a seguinte tabela para disposição dos dados (Fisher, 1925).

Tabela 1 - Tabela da ANAVA

Fontes de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc
Tratamentos	<i>GL Trat</i>	<i>SQ Trat</i>	<i>QM Trat</i>	$\frac{QM\ Trat}{QM\ Médio}$
Erro experimental	<i>GL Erro</i>	<i>SQ Erro</i>	<i>QM Erro</i>	
Total	GL Total	SQ Total		

Fonte: Fisher (1925)

Em que Fonte de variação (FV) – Causas de variabilidade nos dados experimentais; Graus de liberdade (GL); Somas de quadrados (SQ); quadrados

médios (QM) - Razão entre a SQ pelo respectivo grau de liberdade; F-Snedecor calculado (F_c).

Finalmente é aplicado o teste F-Snedecor associado à ANAVA, onde estabelecerá seu nível de significância (α) – “processo estatístico utilizado para decidir objetivamente sobre a rejeição ou aceitação de hipóteses estatísticas e, por conseguinte, se a hipótese científica é falsa ou verdadeira” (NUNES, 2011, p. 11); na qual existem dois tipos de erros: Erro tipo I – probabilidade (α) de rejeitar H_0 e Erro tipo II – probabilidade (β) de aceitar H_0 . Usualmente, se utiliza níveis de $\alpha\%$ (nível de significância) de 5% e 1% de probabilidade. Compara-se o valor calculado com o valor da tabela de Distribuição: Se valor calculado for superior ao valor da tabela, pode-se rejeitar a hipótese nula.

Figura 1 - Tabela F 5%

v1 →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	25	30
v2 ↓																	
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	242.98	243.90	245.95	248.02	249.05	249.26	250.10
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.46
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.63	8.62
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.77	5.75
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.52	4.50
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.83	3.81
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.40	3.38
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.11	3.08
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.89	2.86
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.73	2.70
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.60	2.57
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.50	2.47
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.41	2.38
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.34	2.31
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.28	2.25
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.23	2.19
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.18	2.15
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.14	2.11
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.11	2.07
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.07	2.04
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.05	2.01
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	2.02	1.98
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	2.00	1.96
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.97	1.94
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.96	1.92
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.58	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.94	1.90
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.92	1.88
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.91	1.87
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.89	1.85
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.88	1.88	1.84
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	1.96	1.88	1.83	1.82	1.79
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.78	1.74

Fonte: Bussab; Morettin (2017)

Quando se aplica o teste F em análise de variância para a fonte de variação tratamentos com mais de um grau de liberdade, obtêm-se informações gerais, relacionadas com o comportamento médio dos tratamentos (BANZATTO E KRONKA, 1995). “Se apenas uma das comparações envolve uma diferença marcante, um teste

F médio pode falhar para evidenciar a diferença existente” (NESI; GARCIA, 2005, p. 2). Por essa e outras razões, o planejamento é tão importante, afim de obter informações cada vez mais específicas. Assim sendo, valor de F calculado dado por

$$F_C = \frac{QM_{Trat}}{QM_{Erro}} \quad (8)$$

4.2 APLICAÇÃO PRÁTICA DA ANAVA: UM ESTUDO DE CASO ILUSTRATIVO

Considerando um meio de demonstrar a aplicação da ANAVA em um cenário real, utilizaremos de um exemplo prático que permitirá obter maior compreensão dos temas abordados, assim partiremos do seguinte: Um experimento envolvendo a comparação de duas cultivares (A e B) em relação rendimento de grãos, suponha que este tenha sido devidamente planejado observando-se aos princípios básicos da experimentação já pontuados. Admita, ainda, que a amostra das 20 parcelas seja homogênea, portanto não necessitando de controle local (delineamento inteiramente casualizado). O pesquisador deseja saber qual das cultivares deve recomendar.

Tabela 2 - Variação do rendimento de grãos

(A)	1,3	1,5	1,7	1,4	1,9	1,6	1,2	1,7	1,5	1,2
(B)	2,4	2,2	2,1	2,4	2,5	2,5	2,1	2,4	2,3	2,1

Fonte: Nunes (2011)

Dados:

Fator: Cultivar

Níveis: Cultivar A (Cv A) e cultivar B (Cv B)

Tratamentos: Cultivar A (Cv A) e cultivar B (Cv B)

Número de tratamentos: $t = 2$

Número de repetições: $r_A = r_B = r = 10$

Número de parcelas: $n = 20$ ($n = t \times r$)

Observando a variação do rendimento de grãos, temos: variação total do peso igual a variação do peso entre Cv. mais variação do peso dentro de Cv.

Hipóteses:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (Não existe diferença entre as cultivares)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (Existe diferença entre as cultivares)

Dispondo dos dados, lançamos na equação 2 e equação 3, assim temos a Soma de quadrados (SQ):

$$SQ_{Total} = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - C \text{ e } C = \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n}$$

Com auxílio de calculadora científica determinou-se os termos:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n \qquad \sum_{i=1}^n Y_i^2 = Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_n^2$$

Para $n = 20$, temos:

$$\sum_{i=1}^{n=20} Y_i = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{20} = 1,3 + 1,5 + \dots + 2,1 = 38$$

$$\sum_{i=1}^{n=20} Y_i^2 = Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_{20}^2 = 1,3^2 + 1,5^2 + \dots + 2,1^2 = 76,12$$

Aplicando em suas respectivas equações temos:

$$C = \frac{(\sum_{i=1}^{n=20} Y_i)^2}{n} = \frac{38^2}{20} = 72,20$$

$$SQ_{Total} = \sum_{i=1}^{n=20} Y_i^2 - C = 76,12 - 72,20 = 3,92$$

Utilizando-se da equação 6 e da tabela 2, temos:

$$SQ_{Cultivares} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{l=2} T_i^2 - C = \frac{1}{r} (T_A^2 + T_B^2) - C$$

$$T_A = 1,3 + 1,5 + \dots, 1,2 = 15$$

$$T_B = 2,4 + 2,2 + \dots, 2,1 = 23$$

$$SQ \text{ Cultivares} = \frac{1}{r} (T_A^2 + T_B^2) - C = \frac{1}{10} (15^2 + 23^2) - 72,20 = 3,20$$

Com esses resultados podemos aplicar nas demais equações para encontrar o SQ Erro, QM Cultivares e o QM erro.

$$SQ \text{ Erro} = SQ \text{ Total} - SQ \text{ Cultivares} = 3,92 - 3,20 = 0,72$$

$$QM \text{ Cultivares} = \frac{SQ \text{ Cultivares}}{GL \text{ Cultivares}} = \frac{3,20}{1} = 3,20$$

$$QM \text{ Erro} = \frac{SQ \text{ Erro}}{GL \text{ Erro}} = \frac{0,72}{18} = 0,04$$

Com os novos resultados encontramos F calculado (F_C), e ainda tomando 5% como nível de significância temos:

$$F_c = \frac{QM \text{ Cultivares}}{QM \text{ Erro}} = \frac{3,20}{0,04} = 80$$

$$F_{tab}(\alpha\%; v_1; v_2) = F_{tab}(5\%; GL \text{ Cultivares}; GL \text{ Erro}) = F_{tab}(5\%; 1; 18)$$

Utilizando-se da Figura 1, vemos que o F tabelado (F_{tab}) é definido de acordo com uma tabela pré-definida, vejamos o recorte da posição 1;18 que fora a encontrada.

Figura 2 - Valor de Ftab

v1 →	1	2	3	4
v2 ↓				
1	161.45	199.50	215.71	224.58
2	18.51	19.00	19.16	19.25
3	10.13	9.55	9.28	9.12
4	7.71	6.94	6.59	6.39
5	6.61	5.79	5.41	5.19
6	5.99	5.14	4.76	4.53
7	5.59	4.74	4.35	4.12
8	5.32	4.46	4.07	3.84
9	5.12	4.26	3.86	3.63
10	4.96	4.10	3.71	3.48
11	4.84	3.98	3.59	3.36
12	4.75	3.89	3.49	3.26
13	4.67	3.81	3.41	3.18
14	4.60	3.74	3.34	3.11
15	4.54	3.68	3.29	3.06
16	4.49	3.63	3.24	3.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93
19	4.38	3.52	3.13	2.90
20	4.35	3.49	3.10	2.87

Fonte: Bussab; Morettin (2017)

Portanto:

$$F_{tab}(5\%; 1; 18) = 4,41$$

Analisando os dados, temos a seguinte tabela para conclusão:

Tabela 3 - Análise de variância do rendimento de grãos de duas cultivares

Fontes de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Ftab(5%)
Cultivares	$t - 1 = 1$	3,20	3,20	80,00	4,41
Erro experimental	18	0,72	0,04		
Total	$n - 1 = 19$	3,92			

Fonte: Própria do autor (2025)

Regra de decisão: $F_c(80) > F_{tab}(4,41) \rightarrow$ rejeita-se H_0 .

Conclusão: Se rejeita H_0 a 5% de significância. Logo, existe diferença entre as cultivares quanto ao rendimento dos grãos. Assim temos a seguinte tabela como resultado:

Tabela 4 - Resultado das médias das cultivares

Cultivares	Médias*
A	1,5 b
B	2,3 a

Fonte: própria do autor (2025)

*Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste F a 5% de significância.

Conclusão: A cultivares B proporcionou um rendimento médio de grãos superior ao alcançado com a cultivar A.

5 CONCLUSÃO

Ao decorrer deste estudo, foi possível demonstrar a presença da matemática nas ciências agrárias, tendo a estatística experimental como o elo entre as áreas. A análise dos principais conceitos, como população e amostra, variáveis, média, desvio e desvio médio, variância, entre outros, juntamente com a exposição da estrutura e os procedimentos da ANAVA demonstrou, de forma concreta, como tais instrumentos se aplicam no cotidiano de pesquisas agrícolas. A exemplificação prática dessa análise reforçou a utilidade da estatística experimental como um método capaz de garantir maior rigor científico, precisão nos resultados e fundamentação sólida para tomadas de decisão no campo.

Nesse sentido, constata-se que os objetivos inicialmente delineados foram plenamente atendidos. O estudo percorreu desde o contexto histórico da estatística até a apresentação de seus conceitos básicos e experimentais, culminando na explicação minuciosa da ANAVA e sua aplicabilidade em um exemplo real.

Dessa forma, em resposta ao problema investigativo, a estatística experimental é o elo entre as ciências que viabiliza o planejamento de experimentos, o tratamento de dados e a interpretação confiável dos resultados. A análise de variância, por sua vez, revelou-se como um pilar desse elo produzido, é através dessa que é possível validar hipóteses, comparar tratamentos e orientar melhorias contínuas nos processos produtivos.

Entretanto, apesar dos resultados alcançados, faz-se necessário que mais pesquisas que aprofundem no tema sejam feitas, tais estudos podem utilizar-se de temas que não foram empregados como a aplicação de outros métodos estatísticos complementares à ANAVA, além de explorar softwares e tecnologias emergentes que potencializem a análise de grandes volumes de dados no campo.

Em suma, este trabalho reafirma a convicção de que a Matemática, em especial por meio da estatística experimental, permanece como um alicerce imprescindível para o avanço da pesquisa agrícola, consolidando-se como uma ferramenta de transformação, inovação e progresso para o setor agrário e para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

BRITANNICA, The Editors of Encyclopaedia. Sir Ronald Aylmer Fisher. Encyclopedia Britannica, 14 mai. 2023. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Ronald-Aylmer-Fisher>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. *Estatística Básica*. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, vol. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

FIELD, A. *Estatística Descritiva com Utilização do SPSS*. 4ª ed, Artmed, 2013

FILHO, A. C., STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.44, n. 2, p.111-117, fev. 2009.

FILHO, A. C.; STORCK, L.; RIBOLDI, J.; GUADAGNIN, J. P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 340-347, mar-abr. 2009.

FISHER, Ronald A. *Statistical methods for research workers*. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1925.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. *Estatística Aplicada*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

LIMA, C. G. *Estatística Experimental: Aula 1 conceitos básicos da experimentação*. 2018. 27 slides.

MEIRA, J. S. **MÉTODOS MATEMÁTICOS: UMA APLICAÇÃO NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS**. Tese (Mestrado em Matemática) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 59. 2018.

MONTGOMERY, Douglas C. *Design and Analysis of Experiments*. 10th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2019.

NESI, C. N.; GARCIA, A. A. F. DECOMPOSIÇÃO ORTOGONAL DE GRAUS DE LIBERDADE DE TRATAMENTOS UTILIZANDO VARIÁVEIS AUXILIARES E O PROC GLM DO SAS. **Bragantia**. Campinas, v. 64, n. 1, p. 157-167, 2005.

NORMAN, D. A. *The Design of Everyday Things*. Revisado e ampliado. Basic Books, 2013.

NUNES, J. A. R. *Notas de aula: Experimentação Agrícola*. Petrolina, PE: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2011.

PAGOTTO, L. G.; RODRIGUES, J. Análise de variância e testes de comparação de médias: um estudo de caso. *Ciência e Tecnologia: universidade, sustentabilidade e desenvolvimento econômico*. Belo Horizonte, p. 426-435, set. 2020.

PEREIRA, L. B. C. ENSINO DE MATEMÁTICA NA ÁREA DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, p. 120. 2020.

PEREIRA, L. B. C.; JUNIOR, G. S.; OLIVEIRA, L. S. A matemática na área das Ciências Agrárias: Contextos e conteúdos. **Revista Espacios**. Paraná, v. 42, n. 17, p. 85, set. 2021.

ROCHA, K. R.; JÚNIOR, A. J. B. ANOVA MEDIDAS REPETIDAS E SEUS PRESSUPOSTOS: ANÁLISE PASSO A PASSO DE UM EXPERIMENTO. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**. Rio de Janeiro, v. 10, p. 29-51, ago. 2018.

TRIOLA, Mario F. *Introdução à Estatística*. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ZIMMERMANN, F. J. P. *Estatística aplicada à pesquisa agrícola*. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.