



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Cinética ruminal do capim-elefante cv. BRS Capiapu sob coinoculação de bactérias promotoras do crescimento de plantas, associada ou não à adubação nitrogenada de cobertura

JOÃO GABRIEL SANTOS DO NASCIMENTO

RECIFE - PE
DEZEMBRO
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Cinética ruminal do capim-elefante cv. BRS Capiáu sob coinoculação de bactérias promotoras do crescimento de plantas, associada ou não à adubação nitrogenada de cobertura

João Gabriel Santos do Nascimento

Graduando

Prof.^a Dr.^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos

Orientadora

RECIFE- PE

DEZEMBRO

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema
Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

N244c Nascimento, João Gabriel Santos do.
Cinética ruminal do capim-elefante cv. BRS Capiacu
sob coinoculação de bactérias promotoras do
crescimento de plantas, associada ou não à adubação
nitrogenada de cobertura / João Gabriel Santos do
Nascimento. – Recife, 2025.
42 f.; il.

Orientador(a): Mércia Virginia Ferreira dos
Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Adubação nitrogenada. 2. *Cenchrus purpureus*. 3.
Produção de gases. 4. Qualidade forrageira I. Santos,
Mércia Virginia Ferreira dos, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

JOÃO GABRIEL SANTOS DO NASCIMENTO
Graduando

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em: 11/12/2025

Examinadores:

Mércia Virginia Ferreira dos Santos (Doutora)
Orientadora

Kelly Cristina dos Santos (Doutora)
Examinadora

Natália Viana da Silva (Doutoranda)
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela sabedoria e por ter me dado a força necessária para superar os obstáculos e chegar até aqui.

Ao meu pai, Edinaldo Costa do Nascimento, à minha mãe, Marisa de Jesus Santos, e à minha irmã, Gabriela Santos do Nascimento. Minha gratidão eterna a vocês, que foram meu alicerce e meu refúgio. Obrigado pelo amor incondicional, pelo apoio irrestrito e, principalmente, por não me deixarem desistir do curso nos momentos mais difíceis. Esta conquista também é de vocês.

À minha namorada e futura esposa, Maria Eduarda de Souza Pimentel, pelo companheirismo, pelo incentivo diário e por estar sempre ao meu lado, sonhando e realizando junto comigo.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pela orientação segura, pela paciência e por todos os valiosos ensinamentos transmitidos, que foram essenciais não apenas para este trabalho, mas para a minha formação profissional.

Um agradecimento muito especial a Natália Viana da Silva. Sua dedicação e apoio enquanto coorientadora foram de suma importância para que este TCC se tornasse realidade. Agradeço imensamente pela parceria e desejo muito sucesso em sua trajetória.

Por fim, agradeço a todos aqueles que cruzaram o meu caminho durante estes cinco anos de graduação. Aos que troquei apenas algumas palavras e àqueles que se tornaram grandes amigos: não citarei nomes, pois são muitos, mas saibam que não me esquecerei de nenhum de vocês.

Encerro este ciclo com a certeza de que saio deste curso uma pessoa diferente daquela que entrou. Levo comigo não apenas o conhecimento técnico, mas o amadurecimento humano, certo de que meus próximos passos serão trilhados com mais sabedoria.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Capim-elefante cv. BRS Capiçu: características agronômicas.....	15
3.2 Adubação na cultura do capim-elefante	17
3.3 Bactérias promotoras de crescimento vegetal	18
3.4 Produção de gás <i>in vitro</i>	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Localização e caracterização da área experimental	20
4.2 Delineamento da área experimental	21
4.3 Caracterização do coinóculo bacteriano	22
4.4 Preparo do solo e adubação de fundação	22
4.5 Implantação do experimento	23
4.6 Preparação do coinóculo	24
4.7 Coleta e preparo das amostras	24
4.8 Produção de gás <i>in vitro</i>	25
4.9 Análise estatística	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÃO	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aspecto geral do Capim-elefante cultivar BRS Capiçu, Garanhuns-PE.....	15
Figura 2. Croqui demonstrativo da área experimental, Garanhuns-PE.....	23
Figura 3. Vista geral da área de cultivo de capim-elefante, Garanhuns-PE.....	24
Figura 4. Moinho utilizado para moagem das amostras de capim-elefante cv. BRS Capiçu.....	25
Figura 5. Saturação do meio nutritivo com dióxido de carbono (CO ₂) para garantia da anaerobiose e ajuste do pH, antecedendo a adição do inóculo ruminal, Garanhuns-PE.....	26
Figura 6. Frascos de incubação vedados.....	27
Figura 7. Cinética da produção cumulativa de gases (mL g ⁻¹ MS) ao longo de 72 horas de incubação <i>in vitro</i> de fração folha, A) época chuvosa e B) época seca, Garanhuns-PE.....	32
Figura 8. Cinética da produção cumulativa de gases (mL g ⁻¹ MS) ao longo de 72 horas de incubação <i>in vitro</i> de fração colmo, A) época chuvosa e B) época seca, Garanhuns-PE.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias mensais de temperatura mínima e máxima e precipitação pluvial acumulada durante o período experimental no ano de 2025, englobando os cortes de avaliação, Garanhuns-PE.....	21
Tabela 2. Características químicas da amostra do solo da área experimental antes do plantio, Garanhuns-PE.....	21
Tabela 3. Produção de gás <i>in vitro</i> da fração lâmia foliar do capim-elefante cv. BRS Capiçu em diferentes épocas, Garanhuns-PE.....	29
Tabela 4. Produção de gás <i>in vitro</i> da fração lâmia foliar do capim-elefante cv. BRS Capiçu em função dos tratamentos, Garanhuns-PE.....	30
Tabela 5. Produção de gás <i>in vitro</i> da fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiçu em diferentes épocas, Garanhuns-PE.....	33
Tabela 6. Produção de gás <i>in vitro</i> da fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiçu em função dos tratamentos, Garanhuns-PE.....	34
Tabela 7. Interação tratamento × época do ano para parâmetros da produção de gás <i>in vitro</i> da fração folha do capim-elefante cv. BRS Capiçu, Garanhuns-PE.....	36
Tabela 8. Interação tratamento × época do ano para parâmetros da produção de gás <i>in vitro</i> da fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiçu, Garanhuns-PE.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

- **A** Potencial máximo de produção de gases
- **AGCC** Ácidos Graxos de Cadeia Curta
- **AIA** Ácido Indolacético
- **FDN_{cp}** Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína
- **BAGCE** Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante
- **BPCP** Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas
- **C** Taxa fracional de degradação
- **CH₄** Metano
- **CNF** Carboidratos Não-Fibrosos
- **CO₂** Dióxido de Carbono
- **CT** Carboidratos Totais
- **DE** Degradabilidade Efetiva
- **DIVMS** Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca
- **MS** Matéria Seca
- **DMS** Degradabilidade da Matéria Seca
- **FBN** Fixação Biológica de Nitrogênio
- **FDA** Fibra em Detergente Ácido
- **FDN** Fibra em Detergente Neutro
- **IPA** Instituto Agrônomo de Pernambuco
- **PGIV** Produção de Gás *in vitro*
- **K** Potássio
- **L** Tempo de Latência (Tempo de Colonização)
- **LIG** Lignina
- **MS** Matéria Seca

- **N** Nitrogênio
- **CNE** Carboidratos Não Estruturais
- **P** Fósforo
- **PB** Proteína Bruta
- **PI** Planta Inteira
- **PMS** Produção de Matéria Seca
- **PTGIV** Produção Total de Gases *in vitro*
- **TSA** Tryptic Soy Agar (Ágar Triptona de Soja)
- **TSB** Tryptic Soy Broth (Caldo Triptona de Soja)
- **UFAPE** Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
- **Vf** Volume Final de Gás (Potencial Máximo de Produção de Gás)

RESUMO

O capim-elefante cv. BRS Capiáu (*Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone) é uma forrageira estratégica para sistemas de produção de ruminantes no Brasil, destacando-se pela elevada produtividade de biomassa. Contudo, seu valor nutricional é inversamente proporcional à maturidade, apresentando rápido declínio na digestibilidade e proteína bruta (PB), devido ao aumento dos componentes da parede celular. O manejo da adubação nitrogenada é crucial para otimizar a produção de forragem e teor de PB, porém representa alto custo. A coinoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) surge como uma alternativa biotecnológica sustentável para o suprimento parcial de N via fixação biológica. Objetivou-se avaliar os efeitos da coinoculação com BPCP, associada ou não a adubação nitrogenada, sobre a produção de gases *in vitro* da forragem de capim-elefante cv. BRS Capiáu. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), situada às coordenadas 08°53'25" S e 36°29'34" W, Garanhuns-PE. Os tratamentos testados foram os seguintes: Testemunha (sem N e sem BPCP); N100 (100% da dose de N); BPCP (apenas coinoculação); e três níveis de associação (BPCP + N25; BPCP + N50; BPCP + N75). Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As amostras de forragem foram incubadas com líquido ruminal para avaliação pela técnica de produção de gases *in vitro*. Foram determinados o potencial máximo de produção de gases (Vf), a taxa de degradação (C), o tempo de latência (L) e a degradabilidade da matéria seca. Observou-se que a época chuvosa resultou em forragem com maior produção de gases. A associação BPCP + N25 promoveu na fração folha, a maior produção total de gases (265,5 mL g⁻¹ MS) e maior degradação da fração fibrosa, com volume de gás desta fração significativamente superior ao observado no tratamento testemunha. Conclui-se que a coinoculação associada a doses reduzidas de nitrogênio melhora a cinética fermentativa da forragem do cultivar BRS Capiáu.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, *Cenchrus purpureus*, produção de gases, qualidade forrageira.

ABSTRACT

Elephant grass cv. BRS Capiacu (*Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone) is a strategic forage for ruminant production systems in Brazil, standing out for its high biomass productivity. However, its nutritional value is inversely proportional to maturity, showing a rapid decline in digestibility and crude protein (CP) due to the increase in cell wall components. Nitrogen fertilization management is crucial for optimizing its production and CP content, but it represents a high cost. Co-inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) emerges as a sustainable biotechnological alternative for partial N supply via biological fixation. The objective was to evaluate the effects of co-inoculation with PGPB, associated or not with different doses of nitrogen fertilization, on the *in vitro* gas production of elephant grass cv. BRS Capiacu forage. The experiment was conducted at the Federal University of Agreste of Pernambuco (UFAPE), located at coordinates 08°53'25" S and 36°29'34" W, in Garanhuns-PE, Brazil. The treatments tested were: Control (no N and no PGPB); N100 (100% N dose); PGPB (inoculation only); and three association levels (PGPB + N25; PGPB + N50; PGPB + N75). A randomized block design with four replicates was used. Forage samples were incubated with rumen fluid for evaluation using the *in vitro* gas production technique. The maximum potential gas production (Vf), degradation rate (C), lag time (L), and dry matter degradability were determined. Results indicated that the rainy season favored gas production. Among treatments, the PGPB + N25 association stood out in the leaf fraction, showing the highest total gas production (265.5 mL g⁻¹ DM) and greater fibrous fraction degradation, with a gas volume from this fraction significantly higher than that observed in the control treatment. It is concluded that co-inoculation associated with reduced nitrogen doses improves the fermentative kinetics of cv. BRS Capiacu.

Keywords: *Cenchrus purpureus*, gas production, forage quality, nitrogen fertilization.

1 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes em regiões tropicais fundamenta-se, notadamente, na utilização de gramíneas forrageiras como principal recurso alimentar. Essa estratégia confere sustentabilidade econômica aos sistemas pecuários, uma vez que a pastagem representa a fonte de nutrientes de menor custo, comparada ao uso de concentrados. Contudo, a dependência exclusiva das condições edafoclimáticas impõe desafios à constância dessa oferta, exigindo do produtor a busca por genótipos que aliem produtividade à qualidade nutricional em diferentes cenários de manejo.

No estado de Pernambuco, a região do Agreste caracteriza-se por apresentar elevada irregularidade pluviométrica. A estacionalidade climática nesta zona fisiográfica, marcada por períodos de estiagem, impõe restrições severas ao crescimento das forrageiras, tornando a suplementação volumosa uma estratégia indispensável para a manutenção dos índices zootécnicos ao longo do ano. Neste cenário, o capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone) destaca-se pelo seu elevado potencial de produção de biomassa, podendo ultrapassar 50 toneladas de matéria seca por hectare ao ano (Pereira *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2024), sendo uma das principais alternativas para a suplementação volumosa, especialmente na forma de silagem.

Dentre as cultivares disponíveis, a BRS Capiáu tem ganhado notoriedade devido à sua alta produtividade e adaptabilidade às condições edafoclimáticas brasileiras. Apesar do elevado potencial de biomassa, seu valor nutritivo impõe desafios ao manejo: estudos indicam que o teor de Proteína Bruta (PB) pode oscilar significativamente em função da idade de corte, reduzindo de patamares próximos a 123 g kg⁻¹ na fase jovem para cerca de 77 g kg⁻¹ em estádios de maturidade avançada (Costa, 2020), o que reforça a necessidade de estratégias de fertilização que sustentem a qualidade da forragem.

Para que esta cultivar expresse seu máximo potencial genético, o manejo agrônômico é crucial, sendo a adubação nitrogenada um dos fatores de maior impacto. O nitrogênio (N) é fundamental para o crescimento, perfilhamento e para a síntese de proteína na planta (Mistura *et al.*, 2007; Aguiar *et al.*, 2022). No entanto, a alta dependência de fertilizantes nitrogenados minerais onera os custos de produção e pode gerar passivos ambientais.

Visando otimizar a sustentabilidade desses sistemas de produção, surgem alternativas biotecnológicas, como o uso de Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP). Esses microrganismos podem atuar por múltiplos mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, a solubilização de fosfatos e a produção de fitormônios, promovendo o

desenvolvimento da planta e potencialmente reduzindo a necessidade de adubação mineral (Oliveira *et al.*, 2018). A coinoculação, utilizando um consórcio de diferentes estirpes bacterianas, busca potencializar esses benefícios sinérgicos.

Apesar dos benefícios agronômicos conhecidos, ainda há lacuna no entendimento de como essas diferentes estratégias de manejo, seja a adubação nitrogenada plena, a inoculação exclusiva com BPCP, ou a associação de ambos em doses reduzidas afetam o produto: o valor nutricional da forragem para o ruminante. Mudanças no manejo da fertilização alteram não apenas a produtividade, mas também a composição da parede celular da planta, sua digestibilidade e, consequentemente, a forma como ela será fermentada no rúmen (Mistura *et al.*, 2007).

A avaliação da qualidade da forragem não pode se limitar apenas à sua composição química, pois esta não reflete a disponibilidade real dos nutrientes para os microrganismos ruminais nem a velocidade com que a fração fibrosa é degradada, fatores determinantes para o consumo e desempenho animal, sendo é essencial compreender sua cinética de degradação no ambiente ruminal. A técnica de produção de gases *in vitro* é uma ferramenta consolidada para estimar a extensão e a velocidade da fermentação dos alimentos, permitindo inferir sobre o aproveitamento energético do substrato pelos microrganismos ruminais (Goering & Van Soest, 1970; Amanzougarene & Fondevila, 2020).

Estudos recentes têm demonstrado a importância de considerar a interação entre manejo e as características morfogênicas e estruturais (Alencar *et al.*, 2023), bem como seus reflexos na cinética de fermentação ruminal (Silva *et al.*, 2025) do capim-elefante. Diante do exposto, a hipótese deste trabalho é que a coinoculação com BPCP altera a resposta fisiológica do capim-elefante cv. BRS Capiáçu, melhorando a cinética de fermentação ruminal e a degradabilidade da fibra, o que permitiria a substituição parcial da adubação nitrogenada mineral sem comprometimento do valor nutritivo da forragem.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar os efeitos da coinoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas, associada ou não a diferentes doses de adubação nitrogenada, sobre a cinética ruminal da forragem de capim-elefante cv. BRS Capiacu.

2.2 Específicos

- Estimar a produção total de produção de gás *in vitro* da forragem de capim-elefante cv. BRS Capiacu submetido a coinoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas, associada ou não a diferentes doses de adubação nitrogenada.
- Estimar os parâmetros cinéticos de degradação ruminal (volume final de gás, taxa de degradação e tempo de latência) da forragem de capim-elefante cv. BRS Capiacu submetido a coinoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas, associada ou não a diferentes doses de adubação nitrogenada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Caracterização do Capim-elefante cv. BRS Capiacu

O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone) é uma das gramíneas forrageiras de maior importância estratégica para a pecuária em regiões tropicais e subtropicais. Segundo Rosa *et al.* (2019), a espécie notabiliza-se pelo seu elevado potencial de produção de biomassa, vigor e persistência. Além disso, Pereira *et al.* (2021) destacam sua excelente aceitabilidade pelos animais.

Moura *et al.* (2024) relatam que o programa de melhoramento genético da Embrapa Gado de Leite, iniciado em 1991, buscou desenvolver cultivares que otimizassem o potencial da espécie para diferentes sistemas de produção. Neste contexto, foi desenvolvida a cultivar BRS Capiacu (Figura 1), clone de porte alto (CNPGL 92-79-2) resultante do cruzamento entre os acessos Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57) (Aguiar *et al.*, 2022). Lançada em 2015, esta cultivar foi selecionada especificamente para sistemas de corte e transporte, visando tanto o fornecimento de forragem verde picada quanto, principalmente, a produção de silagem (Rosa *et al.*, 2019).



Figura 1. Aspecto geral do Capim-elefante cultivar BRS Capiacu, Garanhuns-PE.

A cultivar apresenta porte alto; touceiras de formato ereto; folhas largas, compridas, de cor verde e nervura central branca; colmos grossos, internódios compridos e de coloração amarelada. Apresenta elevada densidade de perfilhos basais, florescimento tardio e boa resistência ao tombamento. A BRS Capiacu deve ser propagada por meio de colmos e apresenta gemas com elevado poder de brotação (Pereira *et al.*, 2016).

Segundo Pereira *et al.* (2021), principal diferencial do BRS Capiacu é o maior potencial de produção de biomassa, cerca de 30% superior às demais cultivares, alcançando em média 50 t/ha/ano de matéria seca ou 300 t/ha/ano de matéria verde, obtidas em três colheitas anuais. Outra característica favorável dessa cultivar é a sua moderada tolerância ao estresse hídrico, o que a torna alternativa ao cultivo do milho em regiões com alto risco de ocorrência de veranicos. Também apresenta maior teor de carboidratos solúveis e de proteína bruta, comparado a outras cultivares de capim-elefante, o que favorece o seu uso para produção de silagem.

Do ponto de vista agrônomo, a cv. BRS Capiacu apresenta características que justificam sua rápida adoção, como o porte elevado (podendo ultrapassar 4,20 m), touceiras eretas e densas, colmos grossos (1,6 cm) e folhas largas (5,17 cm). Esta arquitetura morfológica confere alta resistência ao tombamento e notável adaptação à colheita mecânica, fatores que otimizam o manejo em larga escala (Rosa *et al.*, 2019; Moura *et al.*, 2024). Seu potencial produtivo é seu maior destaque, com estimativas de produção média de 50 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, superando com frequência as culturas tradicionais de milho, sorgo e cana-de-açúcar, além de outras cultivares de capim-elefante como Cameroon e Mineiro (Aguiar *et al.*, 2022; Moura *et al.*, 2024).

Para fornecimento da forragem da BRS Capiacu na forma picado verde no cocho, recomenda-se que o corte seja realizado quando a planta atingir de 2,5- 3,0 m de altura (aproximadamente; 50-70 dias; na estação das águas). Neste estágio de desenvolvimento obtém-se elevada produtividade de biomassa com boa composição química (Pereira *et al.*, 2016).

O desafio central no manejo desta cultivar para nutrição de ruminantes reside na clássica relação inversa entre produção de biomassa e valor nutricional, sendo este último intrinsecamente dependente da idade de rebrota (Costa, 2020). Com o avanço da maturidade fisiológica, a planta prioriza o investimento em tecidos de sustentação em detrimento do conteúdo celular (Ferreira *et al.*, 2018). Isso resulta em aumento linear nos componentes da parede celular, como a Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e, de forma mais crítica, a Lignina (Moura *et al.*, 2024).

A lignificação da parede celular, embora essencial para a sustentação de uma planta de porte tão elevado, é um fator antinutricional que atua como uma barreira física, limitando a adesão e a ação das enzimas fibrolíticas dos microrganismos ruminais (Moura *et al.*, 2024). Consequentemente, o avanço da idade de corte provoca um declínio linear nos teores de Proteína Bruta (PB) e na Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS). Estudos quantificam essa perda de qualidade com o avanço da maturidade, sendo observada redução diária de 0,04% na Proteína Bruta, cujos teores decresceram de 12,32% aos 30 dias para 7,71% aos 150 dias. Comportamento similar foi verificado para a digestibilidade (DIVMS), que reduziu de 67,76% para 47,23% no mesmo intervalo (Costa, 2020; Moura *et al.*, 2024).

Pereira *et al.* (2016) observaram a seguinte composição química para MS, PB, FDN, Lignina e NDT de 13,8; 7,7; 66,3; 5,8 e 47,9% quando colhido aos 70 dias de crescimento.

Este declínio na qualidade não é apenas composicional, mas afeta diretamente a cinética de degradação. Costa (2020) demonstrou que, com o aumento da idade de rebrota de 30 para 150 dias, a degradabilidade potencial da matéria seca (MS) do Capiacu foi reduzida, e a digestibilidade da FDN também caiu linearmente. Isso indica que, embora a planta acumule mais massa, a fração que pode ser efetivamente fermentada pelos microrganismos ruminais diminui. Para fins de ensilagem, recomenda-se o corte entre 90 e 110 dias para um balanço entre produção e qualidade (Rosa *et al.*, 2019; Moura *et al.*, 2024), contudo, nesta fase, a forragem já apresenta teores de MS e carboidratos solúveis relativamente baixos, e uma fração fibrosa considerável, tornando-a um substrato ideal para estudos que visem melhorias em sua cinética fermentativa, justificando os objetivos deste trabalho.

3.2 Adubação na cultura do capim-elefante

O Capim-elefante é cultivado de forma exclusiva em capineiras ou pastagens (Souza *et al.*, 2023). O elevado potencial de acúmulo de biomassa do capim-elefante cv. BRS Capiacu o classifica como uma cultura de alta exigência nutricional (Moura *et al.*, 2024). A cultivar BRS Capiacu é exigente em relação às condições do solo, devendo ser cultivada em solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade (Pereira *et al.*, 2016).

O manejo da adubação é, portanto, um pilar fundamental para a expressão de seu potencial produtivo. A planta extrai quantidades significativas de macronutrientes do solo, notadamente Nitrogênio (N) e Potássio (K). O nitrogênio é o nutriente que, em geral, provoca a resposta mais acentuada em gramíneas tropicais, influenciando diretamente a estrutura da planta, o perfilhamento e o desenvolvimento da área foliar (Aguilar *et al.*, 2022). A resposta

primária da planta à adubação nitrogenada, do ponto de vista da composição química, é o aumento nos teores de Proteína Bruta (PB) na matéria seca.

Alves *et al.* (2022) verificaram que a adubação promoveu incrementos significativos, tanto na produção, quanto na qualidade do capim-elefante cv. BRS Capiacu. Houve efeitos de interação entre a idade de corte e a aplicação de N na produção de matéria seca, proteína bruta, celulose, hemicelulose e lignina. As plantas cortadas a cada 120 dias e fertilizadas com 100 ou 200 kg N ha⁻¹ apresentaram a maior produção anual de MS. Paciullo *et al.* (1998), avaliando o capim-elefante cv. Mott, observaram que a aplicação de nitrogênio elevou o teor de PB nas lâminas foliares de 10,8% para 14,3%, corroborando a relação direta entre disponibilidade de N e qualidade proteica da forragem. Resultados similares foram reportados por Mistura *et al.* (2007), que, ao avaliarem o cultivar Napier sob pastejo, constataram incrementos lineares nos teores de PB tanto na planta inteira quanto nas lâminas foliares com o aumento das doses de N.

O efeito do N sobre a fração fibrosa é, contudo, mais complexo. Em condições de crescimento favoráveis, a aplicação de N acelera a taxa de crescimento e a maturação fisiológica da planta. Esse rápido desenvolvimento pode resultar em maior acúmulo de tecidos de sustentação (colmo), em relação às folhas. Gomide *et al.* (2011) observaram que a adubação nitrogenada em capim-elefante anão aumentou a taxa de alongamento de colmos, o que pode levar a redução na relação lâmina/colmo e, conseqüentemente, aumentar os teores de FDN e FDA na planta inteira, conforme também verificado por Mistura *et al.* (2007). Portanto, a adubação nitrogenada, ao mesmo tempo que melhora o teor de PB, pode indiretamente aumentar a fração fibrosa da forragem.

Para suprir essa demanda, além da adubação mineral (química), fontes orgânicas como esterco bovino e cama de frango são alternativas viáveis e sustentáveis. Oliveira *et al.* (2020) destacam que a adubação orgânica no cv. BRS Capiacu promoveu aumentos significativos na produção de biomassa, comparáveis à adubação química. Complementarmente, Chagas *et al.* (2023) demonstraram que o uso de esterco bovino pode resultar em produtividade e número de perfilhos semelhantes aos obtidos com fertilizantes minerais, apresentando-se como uma opção de menor custo que, ao melhorar o ambiente radicular, potencializa a eficiência de absorção de nutrientes pela planta, refletindo diretamente na composição bromatológica e na qualidade da biomassa produzida.

3.3 Bactérias promotoras do crescimento de plantas

A alta produtividade de gramíneas forrageiras como o cv. BRS Capiacu é intrinsecamente dependente da disponibilidade de nutrientes no solo, sendo o Nitrogênio (N) o elemento mais requerido e, frequentemente, o mais limitante (Mistura *et al.*, 2007). A adubação nitrogenada mineral, embora eficaz, representa um custo econômico e ambiental significativo, o que tem impulsionado a busca por alternativas biotecnológicas sustentáveis (Pereira *et al.*, 2021).

Neste contexto, a inoculação com Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP), notavelmente as diazotróficas endofíticas, surge como uma estratégia promissora (Pereira *et al.*, 2021). Estas bactérias são capazes de colonizar os tecidos internos das plantas, estabelecendo-se em nichos como a rizosfera (superfície das raízes) e a endosfera (tecidos internos, como colmos e raízes).

O principal mecanismo de promoção de crescimento atribuído a estas bactérias é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Os isolados bacterianos utilizados no coinóculo deste estudo, pertencentes aos gêneros *Azospirillum*, *Burkholderia* e *Klebsiella*, foram previamente caracterizados quanto ao seu potencial biotecnológico, com comprovada capacidade de fixação biológica de nitrogênio e produção de ácido indolacético *in vitro* (Oliveira *et al.*, 2018). Esses microrganismos convertem o N₂ atmosférico, uma forma inerte para a planta, em amônia (NH₃), uma forma nitrogenada assimilável. Estudos utilizando isótopos de ¹⁵N em capim-elefante demonstram que a FBN pode contribuir significativamente para a nutrição da planta, suprimindo cerca de 36% a 40% da demanda de nitrogênio acumulado nos tecidos, podendo atingir picos superiores em genótipos eficientes (Morais *et al.*, 2012).

Esses mecanismos adicionais incluem:

1. Produção de Fitormônios: A síntese de substâncias como o ácido indolacético (AIA) por bactérias (ex: *Azospirillum*) estimula a morfogênese do sistema radicular, aumentando a área de superfície de absorção de água e outros nutrientes do solo;
2. Solubilização de Minerais: A capacidade de solubilizar fosfato inorgânico (Fosfato-P), através da produção de ácidos orgânicos ou fosfatases, torna o fósforo (P) adsorvido às partículas do solo disponível para a planta;
3. Produção de Enzimas: A secreção de enzimas extracelulares como celulase e pectinase facilita a colonização dos tecidos vegetais pela bactéria;

4. Comunicação Microbiana: A produção de moléculas sinalizadoras do tipo *quorum sensing* regula a expressão gênica da comunidade bacteriana, otimizando a colonização e a eficiência da associação.

3.4 Produção de gás *in vitro*

A avaliação nutricional de forragens para ruminantes transcende a mera análise química (PB, FDN), exigindo a compreensão de como o alimento se comportará no ambiente ruminal. A técnica de produção de gás *in vitro* (PGIV) é uma metodologia consolidada e amplamente utilizada para estudar a cinética da fermentação ruminal (Guimarães Jr. *et al.*, 2008; Chaves *et al.*, 2016).

O procedimento, conforme descrito por Theodorou *et al.* (1994), simula o rúmen ao incubar o substrato (amostra de forragem seca e moída) em frascos vedados, contendo um meio de cultura tamponado e inóculo microbiano (líquido ruminal), mantidos a 39°C.

A fermentação dos carboidratos do alimento pelos microrganismos ruminais (bactérias, fungos e protozoários) produz, como subprodutos, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e gases, principalmente dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) (Eger *et al.*, 2018). O volume de gás acumulado é medido em intervalos de tempo pré-determinados (ex: 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 horas). O volume de gás é diretamente proporcional à degradação do substrato; portanto, a curva de produção de gás ao longo do tempo reflete a cinética da digestão (Guimarães Jr. *et al.*, 2008).

A fermentação dos carboidratos no rúmen é um processo bifásico. Observa-se uma primeira fase, rápida, oriunda da fermentação dos carboidratos não-fibrosos (CNF). Segue-se uma segunda fase, mais lenta e prolongada, referente à fermentação dos carboidratos fibrosos (CF). Schofield *et al.* (1994) descrevem essa dinâmica através de modelos *dual-pool*, permitindo a distinção clara entre a degradação da fração solúvel e a da parede celular, o que é fundamental para entender a qualidade da fibra em gramíneas tropicais.

Para quantificar essa dinâmica, os dados de produção de gás são ajustados a modelos matemáticos não-lineares, como o modelo logístico unicompartmental de Schofield *et al.* (1994), ou o modelo de France *et al.* (1993). Estes modelos estimam parâmetros cinéticos cruciais:

1. Potencial Máximo de Produção de Gás (V_f ou A): o volume total de gás (mL/g MS) produzido ao final da incubação. Reflete a extensão total da degradação da amostra;

2. Taxa Fracional de Degradação (C ou μ): a velocidade (em % por hora) com que o substrato é convertido em gás. Alimentos de alta qualidade geralmente apresentam taxas mais rápidas;
3. Tempo de Latência (L): o tempo (em horas) necessário para que a degradação microbiana efetiva se inicie (colonização do substrato). Substratos com alto teor de fibra ou lignina tendem a apresentar maiores tempos de latência (Chaves *et al.*, 2016; Guimarães Jr. *et al.*, 2008).

Além disso, é relevante notar que a produção de metano (CH_4) durante o processo fermentativo representa uma perda de energia digestível para o animal. Ramin & Huhtanen (2013) desenvolveram equações que confirmam a forte correlação entre a produção de metano e a digestibilidade da fibra, indicando a ineficiência energética associada à metanogênese. Segundo Eger *et al.* (2018), esse gás é produzido por um grupo específico de microrganismos, as *Archaea* metanogênicas (ex: *Methanobrevibacter*), e alterações no substrato forrageiro podem modular essa comunidade microbiana e a proporção de metano gerada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), localizada no município de Garanhuns, região Agreste do estado de Pernambuco. A área está situada às coordenadas geográficas 08°53'25" de latitude sul e 36°29'34" de longitude oeste. O clima local é classificado como tropical do tipo Aw, segundo classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares *et al.*, 2013). O regime de chuvas da região é concentrado no outono-inverno, com temperatura média anual de aproximadamente 21,2 °C, caracterizando verões quentes e secos e invernos amenos e úmidos e precipitação anual em torno de 1.152 mm.

Os dados climáticos referentes ao período experimental (fevereiro a julho de 2025), incluindo temperaturas médias e precipitação pluvial acumulada, foram obtidos junto à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias mensais de temperatura mínima e máxima e precipitação pluvial acumulada durante o período experimental no ano de 2025, englobando os cortes de avaliação, Garanhuns-PE

Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Fevereiro	20	28	30,3
Março	20	28	16,0
Abril (Corte 1)	20	27	19,4
Maio	19	26	124,9
Junho (Corte 2)	18	24	173,3
Julho	17	23	80,5

Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Antes da implantação do experimento, foi realizada a caracterização química do solo na camada de 0-20 cm para avaliar a fertilidade inicial da área. A análise de amostras do solo realizadas no Laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco apresentou solo com pH em água de 6,1, teor de fósforo (P) de 35 mg dm⁻³ e saturação por bases (V%) de 54%, indicando ausência de acidez trocável e níveis de fertilidade que, somados à adubação de fundação realizada, garantiram a disponibilidade nutricional adequada para o estabelecimento da cultura (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas da amostra do solo da área experimental antes do plantio, Garanhuns-PE

Profundidade	pH ¹	P ²	K	Na	Al	Ca	Mg	H	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³					%
0-20 cm	6,1	35	0,13	0,02	0	1,4	0,6	1,81	2,0	4,0	54

¹pH em água; ²Extrator mehlich I.

4.2 Delineamento da área experimental

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, os quais são descritos a seguir:

- Testemunha: sem coinoculação e sem adubação nitrogenada de cobertura;
- N100: aplicação de 100% da dose recomendada de nitrogênio, sem coinoculação;
- BPCP: coinoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas, sem adubação nitrogenada de cobertura;
- BPCP + N25: coinoculação associada a 25% da dose recomendada de nitrogênio;
- BPCP + N50: coinoculação associada a 50% da dose recomendada de nitrogênio;
- BPCP + N75: coinoculação associada a 75% da dose recomendada de nitrogênio.

A dose de referência para o tratamento N100 foi estabelecida em 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, conforme as recomendações técnicas para a cultura no estado de Pernambuco (Cavalcanti, 2008). As avaliações compreenderam dois cortes, realizados no período de março a junho de 2025, os quais foram classificados de acordo com a condição climática: época seca, referente ao corte de março a abril de 2025, que registrou balanço hídrico de -100,9 mm; e época chuvosa, referente ao corte de maio a junho de 2025, com balanço hídrico de 39,2 mm. A frequência de corte foi de 60 dias, com intensidade de corte rente ao solo.

4.3 Caracterização do coinóculo bacteriano

O coinóculo foi composto por seis estirpes bacterianas pertencentes aos gêneros *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Sinomonas*, oriundas da Coleção de

Culturas Microbianas Júlia Kuklinsky-Sobral, do Núcleo de Forragicultura e Biotecnologia da UFAPE. As estirpes foram originalmente isoladas de *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick., oriundas de diferentes nichos de colonização, como a rizosfera e a endosfera radicular. Essas estirpes apresentam características de promoção de crescimento vegetal *in vitro*, incluindo a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, solubilizar fosfato inorgânico, produzir ácido indolacético, enzimas extracelulares como celulase, pectinase e amilase, além de moléculas sinalizadoras do tipo *quorum sensing* (Oliveira *et al.*, 2018).

4.4 Preparo do solo e adubação de fundação

A área experimental foi de 312 m², dividida em 24 parcelas com dimensões de 2 m × 4 m, totalizando 8 m² por parcela, com espaçamento entre linhas de plantio de 1 metro. A área útil de cada parcela foi de 2 m², desconsiderando-se as bordaduras (Figura 2). Antes da implantação do experimento, foi realizada a coleta de solo para análise química, com o objetivo de identificar a necessidade de correção da acidez. O preparo do solo foi realizado por meio de aração e gradagem. A adubação de fundação, seguiu as recomendações técnicas estabelecidas para o estado de Pernambuco (Cavalcanti, 2008).

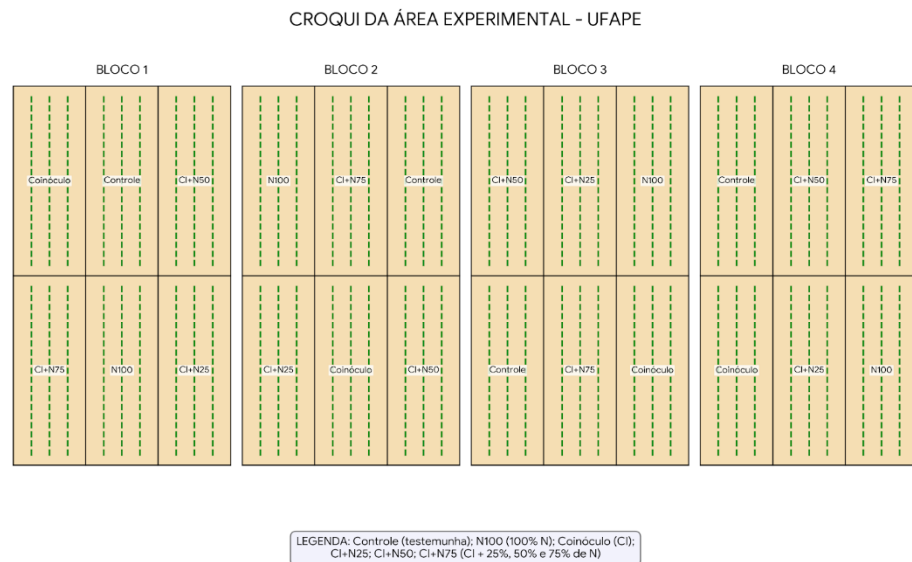


Figura 2. Croqui demonstrativo da área experimental, Garanhuns-PE.

4.5 Implantação do experimento

A implantação do experimento foi realizada com o plantio de colmos fracionados do capim-elefante em linhas, aplicando-se a adubação de fundação no fundo dos sulcos de 30 cm de profundidade de áreas de cultivo da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) (Figura 3).



Figura 3. Vista geral da área de cultivo de capim-elefante, Garanhuns-PE.

Nos tratamentos que receberam o coinóculo, os colmos foram previamente imersos na solução bacteriana por um período de 30 minutos antes do plantio. Nos tratamentos sem coinoculação, os colmos foram diretamente plantados nas linhas de cultivo, sem tratamento prévio. Essa etapa visa garantir a homogeneidade da distribuição dos tratamentos e o contato adequado das bactérias com o material vegetal, favorecendo a colonização e os possíveis efeitos benéficos ao desenvolvimento das plantas.

4.6 Preparação do coinóculo

A preparação do coinóculo foi realizada a partir do cultivo individual das estirpes bacterianas em meio líquido TSB (Tryptic Soy Broth) por 48 horas. Em seguida, as culturas foram esgotadas em meio sólido TSA a 10% (Tryptic Soy Agar) e incubadas por 48 horas, com o objetivo de obtenção de colônias puras. Posteriormente, colônias isoladas foram novamente inoculadas em TSB e incubadas por 48 horas. Em seguida, foi realizado o ajuste da densidade óptica para 0,095 em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 630 nm, o que

corresponde a aproximadamente 10^6 unidades formadoras de colônia por mililitro, para cada inóculo. As estirpes foram, então, homogeneizadas em um único coinóculo, o qual foi utilizado para o tratamento dos colmos destinados aos respectivos tratamentos do experimento.

4.7 Coleta e preparo das amostras

As coletas da forragem foram realizadas seguindo os ciclos de corte a cada 60 dias. Em cada uma das 24 parcelas, coletou-se seis perfilhos dentro da área útil, os quais foram separados nas frações folha e colmo (colmo + bainha), acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e encaminhada ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada a 55 °C, até peso constante.

Posteriormente, as amostras secas foram processadas em moinho tipo Willey e peneiradas em malha de 1 e 2 mm (Figura 4). O material moído foi armazenado em recipientes identificados para a determinação do conteúdo de matéria seca e análise da produção total de gás *in vitro*.



Figura 4. Moinho utilizado para moagem das amostras de capim-elefante cv. BRS Capiçu.

A determinação do conteúdo de matéria seca (método 930.15) foi de acordo com metodologia da AOAC (2019), sendo realizada no laboratório de Forragicultura Prof. Iderval Farias, na UFRPE. A matéria seca quantificada (g kg^{-1}) foi utilizada para corrigir o peso da amostra incubada, permitindo que os resultados da produção total de gases *in vitro* (item 4.8) fossem expressos por grama de Matéria Seca ($\text{mL g}^{-1} \text{MS}$).

4.8 Análise de produção de gás *in vitro*

A avaliação da cinética ruminal foi realizada no laboratório de Produção de Gás da UFAPE, por meio da técnica de produção de gás *in vitro* (Theodorou *et al.*, 1994), com utilização meio nutritivo, cuja formulação foi proposta por Goering & Van Soest (1970) (Figura 5), sendo este preparado no dia da incubação, utilizando-se soluções tampão, macromineral, micromineral, indicadora e redutora, misturadas na ordem estabelecida. O pH final do meio foi ajustado para 6,8 por meio de borbulhamento com CO₂ (Simeonidis *et al.*, 2025). Seguindo as recomendações de preparo, as soluções tampão e macromineral foram preparadas no dia anterior e armazenadas sob refrigeração, enquanto a solução redutora foi elaborada no momento da incubação.



Figura 5. Saturação do meio nutritivo com dióxido de carbono (CO₂) para garantia da anaerobiose e ajuste do pH, antecedendo a adição do inóculo ruminal, Garanhuns-PE.

Para análise, foi incubado 1 g de amostra moída a 2 mm em frascos de 160 mL, sendo adicionado 90 mL do meio nutritivo e 10 mL de inóculo ruminal, mantendo-se um *headspace* para acumulação dos gases. A mistura foi saturada com CO₂, os frascos foram imediatamente fechados e lacrados, e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 39 °C (Figura 6).

O inóculo ruminal foi obtido de um bovino mestiço (fêmea) com fistula ruminal, pertencente ao rebanho da Clínica de Bovinos de Garanhuns (CBG/UFRPE). O animal foi mantido em regime de manutenção, alimentado com dieta à base de volumoso e concentrado

comercial, fornecida duas vezes ao dia, com acesso à água *ad libitum*. A coleta do conteúdo ruminal foi realizada pela manhã. O material foi imediatamente filtrado em camadas de tecido de algodão, acondicionado em garrafa térmica pré-aquecida a 39 °C e transportado ao laboratório.

Em laboratório, líquido ruminal (inóculo) foi novamente coado com aspersão de CO₂ e mantido a 39 °C em banho-maria, sendo imediatamente fechado e mantido na mesma temperatura até o momento do uso para garantir a viabilidade microbiana (Amanzougarene & Fondevila, 2020).

Cada frasco após adição do meio nutritivo e inóculo passou por aspersão com CO₂, e foram imediatamente vedados e lacrados (Figura 6), e em seguida acondicionados em estufa de circulação de ar a 39 °C.



Figura 6. Frascos de incubação.

A produção cumulativa de gás foi registrada utilizando-se transdutor de pressão (Datalogger Universal Logger AG100 – Agricer) acoplado a datalogger, nos tempos: T0 (momento que zerou a pressão dos jarros), T2, T4, T6, T8, T10, T12 (aferindo-se a pressão a cada 2 horas), T15, T18, T21, T24 (com aferição a cada 3 horas), T30, T36, T42, T48, T54, T60, T66, T72 (medindo-se a cada 6 horas), de acordo com protocolo estabelecido pelo laboratório. Os tempos de leitura foram estabelecidos para caracterizar adequadamente as fases da fermentação: intervalos curtos nas primeiras 12 horas para captar o tempo de latência e a rápida degradação dos carboidratos solúveis, e intervalos espaçados posteriormente para monitorar a degradação lenta da fração fibrosa até a estabilização. Para cada leitura foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra, e entre as leituras, os frascos foram agitados manualmente para homogeneização do conteúdo.

Os dados de pressão foram obtidos em psi (pressão por polegada) e foram convertidos em volume de gases (V), adotando-se a equação $V = 5,1612 \times \text{PSI} - 0,3017$, $R^2 = 0,9873$, gerada no Laboratório de Produção de Gases da UFAPE ($-8^\circ 90' 77''$ S, $-36^\circ 49' 49''$ W, altitude de 844 metros), e ajustada em relação ao branco e a matéria seca incubada.

Para determinação dos parâmetros de produção de gás foi utilizado o modelo logístico bicompartimental (Schofield *et al.*, 1994):

$$Vt = \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4k1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4k2(t-\lambda)]}} + \varepsilon$$

onde, Vt = volume (mL) total de gases produzidos, Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação, Vf2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação, k1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF), k2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF), t = tempo de fermentação, λ = fase de latência, e = exponencial e ε = erro experimental associado a cada observação.

Ao término do período de incubação, o conteúdo dos frascos foi descartado, e os recipientes lavados apenas com água corrente e água destilada, evitando-se o uso de detergentes para prevenir contaminações ou interferências em análises subsequentes.

4.9 Análise estatística

Para a determinação dos parâmetros de produção de gás foi utilizado o modelo logístico bicompartimental com auxílio do PROC NLIN do software SAS. Após os parâmetros foram analisados através do PROC MIXED do SAS. As médias foram comparadas usando o procedimento PDIF ajustado para o teste de Tukey. Diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época do ano exerceu influência significativa ($P < 0,05$) sobre todas as variáveis de cinética ruminal avaliadas na fração folha (Tabela 3).

Tabela 3. Produção de gás *in vitro* da fração lâmia foliar do capim-elefante cv. BRS Capiacu em diferentes épocas, Garanhuns-PE

Variável	Época do ano		P	EPM
	Chuvosa	Seca		
PGTO (mL g ⁻¹ MS)	261,1 a	245,1 b	0,0083	3,2172
PGTA (mL g ⁻¹ MS)	252,3 a	238,4 b	0,0230	3,2469
Vf1 (mL)	90,85 a	55,97 b	<,0001	2,9386
Kd1 (% h ⁻¹)	0,0663 b	0,0797 b	0,0034	3,1940
Vf2 (mL)	170,2 b	189,1 a	0,0041	0,0156
Kd2 (% h ⁻¹)	0,0202 b	0,0229 a	<,0001	0,0003
Latência (horas)	11,1 b	13,4 a	<,0001	0,2802

PGTO = Produção de gás total; PGTA = produção de gás total ajustada pelo modelo; Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (Vf1); Kd1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1; Vf2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell; Kd2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2. Médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. EPM: erro padrão da média.

A produção de gás total observada e ajustada pelo modelo (PGTO e PGTA) foram superiores no período chuvoso (261,1 e 252,3 mL g⁻¹ MS), em comparação ao período seco (245,1 mL g⁻¹ MS). Este resultado corrobora o comportamento típico de gramíneas tropicais, onde a disponibilidade hídrica favorece o crescimento vegetativo vigoroso, resultando em maior acúmulo de conteúdo celular e carboidratos solúveis (Brandstetter *et al.*, 2018), que são substratos de rápida fermentação (Guimarães Jr. *et al.*, 2008).

A superioridade da produção de gás na época chuvosa (Tabela 3) corrobora os achados de Alencar *et al.* (2023), que observaram maior taxa de alongamento foliar e acúmulo de biomassa verde em genótipos de capim-elefante durante a estação de maior precipitação. Essa condição favorece o desenvolvimento de tecidos com menor lignificação, facilitando a fermentação ruminal.

O volume de gás da fração rápida (Vf1), correspondente aos carboidratos não-fibrosos (CNF), confirmou essa tendência, sendo 62% maior na época chuvosa (90,85 mL), do que na seca (55,97 mL). Em contrapartida, na época seca, observou-se aumento significativo no

volume de gás da fração lenta (Vf2), proveniente da degradação da fibra, que passou de 170,2 mL para 189,1 mL. Esse aumento da fração Vf2 reflete a resposta fisiológica da planta ao estresse hídrico e ao avanço da maturidade, que induz a maior deposição de constituintes da parede celular (FDN e FDA) em detrimento do conteúdo celular, conforme relatado por Moura *et al.* (2024). Embora a quantidade de substrato fibroso tenha aumentado na seca, a sua qualidade como fonte de energia (gás produzido) ainda foi relevante, sugerindo que a forragem da cultivar BRS Capiacu preserva a degradabilidade potencial da fibra, mesmo em condições adversas.

O aumento da fração lenta (Vf2) na época seca reflete a resposta fisiológica da planta ao estresse hídrico, induzindo maior deposição de constituintes da parede celular. Silva *et al.* (2025) relatam que a redução da digestibilidade em genótipos de capim-elefante está diretamente associada ao aumento da fração fibrosa em períodos de menor disponibilidade hídrica ou maior intervalo de corte.

O tempo de latência (L) aumentou de 11,1 horas na forragem colhida na época chuvosa para 13,4 horas na época seca (Tabela 3). Esse aumento no tempo necessário para o início da degradação microbiana é um indicativo clássico do aumento da lignificação e da espessura da parede celular, que atuam como barreiras físicas à colonização por bactérias fibrolíticas, concordando com as observações de Chaves *et al.* (2016) sobre a relação entre maturidade e tempo de colonização.

Em contraste com os resultados volumétricos, as taxas de degradação específicas (Kd1 e Kd2) foram estatisticamente superiores durante a época seca. Esse comportamento sugere que, apesar da barreira física inicial imposta pela parede celular mais lignificada, evidenciada pelo maior tempo de latência, a fração fibrosa efetivamente disponível para fermentação foi hidrolisada com eficiência pelos microrganismos ruminais, uma dinâmica cinética descrita por Guimarães Jr. *et al.* (2008).

Os tratamentos de adubação e coinoculação exerceram influência significativa sobre a cinética fermentativa, com destaque para o desempenho da fração folha (Tabela 4).

O tratamento BPCP + N25 resultou em forragem com maiores valores absolutos de Produção de Gás Total Observada (PGTO = 265,5 mL g⁻¹ MS) e ajustada (PTGA = 258,1 mL g⁻¹ MS), diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) do tratamento testemunha (T1), que obteve os menores valores (243,8 e 234,9 mL g⁻¹ MS). Este resultado é extremamente promissor, pois demonstra que a associação da coinoculação bacteriana com uma dose reduzida de nitrogênio (25% da recomendação) foi capaz de superar a eficiência fermentativa da testemunha e igualar ou superar doses maiores de adubação química.

Tabela 4. Produção de gás *in vitro* da fração lâmia foliar do capim-elefante cv. BRS Capiacu em função dos tratamentos, Garanhuns-PE

Tratamento	PGO	PGA	Vf1	Kd1	Vf2	Kd2	Latência
	(mL g ⁻¹ MS)		mL	% h ⁻¹	mL	% h ⁻¹	Horas
Testemunha	243,8 b	234,9 b	67,2	0,0722	176,6 b	0,0209	12,4
N100	247,8 ab	240,7 b	69,9	0,0714	177,9 b	0,0214	11,7
BPCP	254,5 ab	246,0 ab	75,8	0,0726	178,7 b	0,0213	12,8
BPCP + N25	265,5 a	258,1 a	73,6	0,0871	191,9 a	0,0224	12,4
BPCP + N50	257,9 ab	249,5 ab	81,3	0,0638	176,5 b	0,0210	12,0
BPCP + N75	248,9 ab	242,7 ab	72,7	0,0709	176,3 b	0,0223	12,5
P	0,0124	0,0069	0,3543	0,1692	0,0046	0,3094	0,5468
EPM	4,0385	3,8411	4,566	0,0057	2,8445	0,0005	0,4255

Testemunha = testemunha sem inóculo e sem adubação; N100 = dose recomendada de fertilizante nitrogenado; BPCP = apenas coinóculo; BPCP + N25 = coinóculo associado a 25% da dose recomendada de N; BPCP + N50 = coinóculo associado a 50% da dose recomendada de N; BPCP + N75 = coinóculo associado a 75% da dose recomendada de N; PGO = Produção de gás total; PGA = produção de gás total ajustada pelo modelo; Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (Vf1); Kd1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1; Vf2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell; Kd2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2. Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EPM: erro padrão da média.

Esse ganho em fermentação pode ser atribuído aos múltiplos mecanismos de ação das BPCP presentes no coinóculo (como *Azospirillum sp.* e *Burkholderia lata*). Além da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), que supre parte da demanda de N e favorece o aumento da proteína bruta nutriente essencial para a atividade da microbiota ruminal (Mistura *et al.*, 2007), essas bactérias produzem fitormônios que estimulam o desenvolvimento radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes (Oliveira *et al.*, 2018). Isso resulta em uma planta nutricionalmente mais equilibrada e com tecidos possivelmente menos lignificados ou com melhor arranjo estrutural conforme mecanismos de alteração na deposição de lignina mediados por BPCP descritos por Santos *et al.* (2016) e Oliveira *et al.* (2018).

Esses resultados corroboram as observações de Silva *et al.* (2025), que encontraram variações significativas na cinética de produção de gases entre genótipos de capim-elefante em função do manejo de corte. A eficiência do tratamento com coinoculação e menor dose de N sugere um equilíbrio entre a produção de biomassa e a qualidade da fibra, similar ao proposto pelos autores para otimizar o valor nutritivo.

O tratamento BPCP + N25 também resultou em maior volume de gás produzido pela degradação da fração fibrosa (Vf2 = 191,9 mL). Isso sugere que a estratégia de coinoculação + baixo N favoreceu o acúmulo de carboidratos estruturais potencialmente digestíveis, sem promover a lignificação excessiva que frequentemente acompanha as altas doses de N, como

observado por Mistura *et al.* (2007), onde o crescimento acelerado pelo nitrogênio resultou em maior proporção de colmo e tecidos de sustentação de menor digestibilidade.

Não houve efeito significativo da época do ano ($P>0,05$) para a maioria das variáveis avaliadas sobre a fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiapu, exceto para a taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (Kd2) e latência para a fração colmo (Tabela 5).

Na Figura 7, observa-se a cinética da produção cumulativa de gases da folha obtida ao longo de 72 horas de incubação.

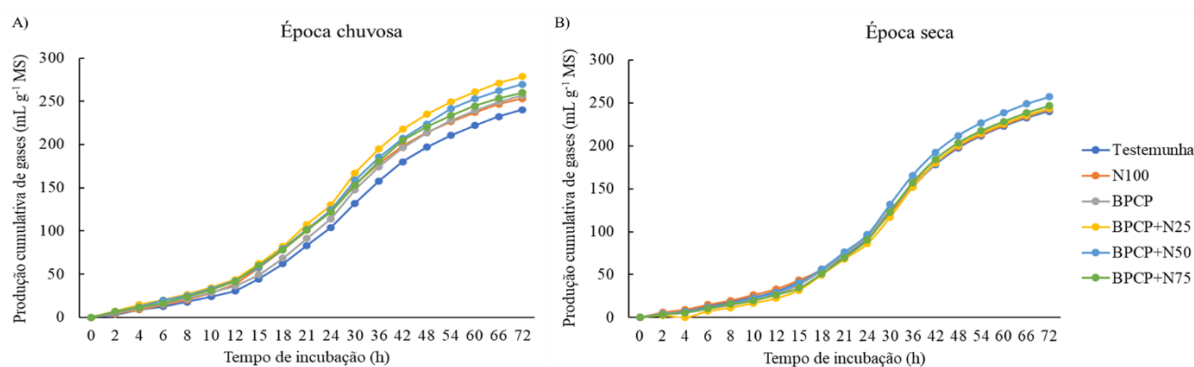


Figura 7. Cinética da produção cumulativa de gases ($\text{mL g}^{-1} \text{MS}$) ao longo de 72 horas de incubação *in vitro* de fração folha, A) época chuvosa e B) época seca, Garanhuns-PE. Testemunha = testemunha sem inóculo e sem adubação; N100 = dose recomendada de fertilizante nitrogenado; BPCP = apenas coinóculo; BPCP + N25 = coinóculo associado a 25% da dose recomendada de N; BPCP + N50 = coinóculo associado a 50% da dose recomendada de N; BPCP + N75 = coinóculo associado a 75% da dose recomendada de N.

Observou-se aumento progressivo da produção de gases em todos os tratamentos, com maior taxa de produção nas primeiras 36 horas, seguido de desaceleração e tendência à estabilização a partir de aproximadamente 48 horas de incubação. De modo geral, os tratamentos avaliados na época chuvosa (Figura 7A) apresentaram maior produção cumulativa de gases ao longo do tempo, em comparação aos mesmos tratamentos na época seca (Figura 7B), evidenciando maior degradação do material incubado nesse período. As diferenças entre tratamentos tornam-se mais evidentes a partir de 24 horas de incubação, coincidindo com o período de maior atividade fermentativa, e permanecem até o final da incubação, refletindo variações no volume potencial de produção de gases e na dinâmica fermentativa entre tratamentos e épocas.

A taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (Kd2), foi maior na forragem colhida na época seca, quando comparado a época chuvosa, com valores de 0,0215 e 0,0206 % h⁻¹, respectivamente. O mesmo foi observado para a variável latência que foi reduzida na forragem colhida na época seca (7,1 horas), em comparação à chuvosa (8,9 horas).

Tabela 5. Produção de gás *in vitro* da fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiçu em diferentes épocas, Garanhuns-PE

Variável	Época do ano		P	EPM
	Chuvosa	Seca		
PGTO (mL g ⁻¹ MS)	254,5	247,9	0,1343	2,8852
PGTA (mL g ⁻¹ MS)	247,8	243,4	0,305	2,8934
Vf1 (mL)	85,4	84,2	0,5899	2,3046
Kd1 (% h ⁻¹)	0,0732	0,0689	0,0857	0,0017
Vf2 (mL)	169,1	163,7	0,2506	3,8148
Kd2 (% h ⁻¹)	0,0206 b	0,0215 a	0,0018	0,0001
Latência (horas)	8,9 a	7,1 b	<,0001	0,1968

PGTO = Produção de gás total; PGTA = produção de gás total ajustada pelo modelo; Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (Vf1); Kd1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1; Vf2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell; Kd2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2. Médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. EPM: erro padrão da média.

Na fração colmo (Tabela 6), o tratamento BPCP + N75 resultou em forragem com maior volume da fração lenta (Vf2 = 193,4 mL), indicando que doses mais altas de nitrogênio, quando associadas a BPCP, podem direcionar o metabolismo da planta para um maior acúmulo de biomassa estrutural no colmo, mantendo, contudo, uma alta degradabilidade potencial dessa fibra.

Tabela 6. Produção de gás *in vitro* da fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiacu em função dos tratamentos, Garanhuns-PE

Tratamento	PGO	PGA	Vf1	Kd1	Vf2	Kd2	Latência
	(mL g ⁻¹ MS)		mL	% h ⁻¹	mL	% h ⁻¹	horas
Testemunha	247,5	242,9	83,4 ab	0,0729 ab	164,1 b	0,0218 a	7,9
N100	255,3	249,4	95,7 a	0,0649 b	159,6 b	0,0204 b	7,4
BPCP	243,9	238,3	92,7 a	0,0686 ab	151,2 b	0,0208 ab	8,7
BPCP+N25	251,4	245,5	86,3 ab	0,0694 ab	165,1 ab	0,0206 ab	7,9
BPCP+N50	249,7	244,3	84,4 ab	0,0705 ab	165,2 ab	0,0210 ab	7,9
BPCP+N75	259,4	253,3	65,9 b	0,0800 a	193,4 a	0,0215 ab	7,9
P	0,2937	0,3713	0,0038	0,0456	0,0044	0,0087	0,1904
EPM	4,8212	4,8875	4,7515	0,003	6,7211	0,0002	0,3097

Testemunha = testemunha sem inóculo e sem adubação; N100 = dose recomendada de fertilizante nitrogenado; BPCP = apenas coinóculo; BPCP + N25 = coinóculo associado a 25% da dose recomendada de N; BPCP + N50 = coinóculo associado a 50% da dose recomendada de N; BPCP + N75 = coinóculo associado a 75% da dose recomendada de N; PGT = Produção de gás total; PGTA = produção de gás total ajustada pelo modelo; Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (Vf1); Kd1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1; Vf2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell; Kd2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2. Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EPM: erro padrão da média.

A cinética da produção cumulativa de gases da incubação da fração colmo obtida ao longo de 72 horas é apresentada na Figura 8.

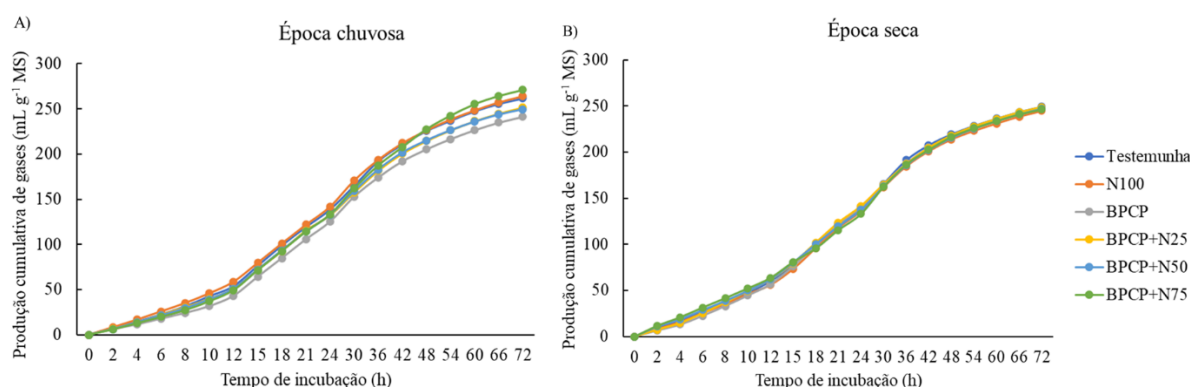


Figura 8. Cinética da produção cumulativa de gases (mL g⁻¹ MS) ao longo de 72 horas de incubação *in vitro* de fração colmo, A) época chuvosa e B) época seca, Garanhuns-PE.

Testemunha = testemunha sem inóculo e sem adubação; N100 = dose recomendada de fertilizante nitrogenado; BPCP = apenas coinóculo; BPCP + N25 = coinóculo associado a 25% da dose recomendada de N; BPCP + N50 = coinóculo associado a 50% da dose recomendada de N; BPCP + N75 = coinóculo associado a 75% da dose recomendada de N.

A produção cumulativa de gases da fração colmo aumentou progressivamente ao longo do tempo de incubação em todos os tratamentos, tanto na época chuvosa quanto na época seca, com maior taxa de incremento até aproximadamente 36 horas, seguida de desaceleração e tendência à estabilização até 72 horas de incubação. Na época chuvosa (Figura 8A). Foram observadas diferenças mais evidentes entre os tratamentos, especialmente a partir de 24 horas. Os tratamentos associados à inoculação com BPCP apresentaram, de modo geral, maior produção cumulativa de gases em relação à testemunha, com destaque para o tratamento BPCP+N75, que apresentou os maiores valores ao final da incubação, seguido por BPCP+N50 e BPCP+N25.

Na época seca (Figura 8B), as curvas de produção de gases foram mais próximas entre si, indicando menor efeito dos tratamentos sobre a cinética fermentativa. Ainda assim, os tratamentos BPCP associados às doses de nitrogênio apresentaram ligeira superioridade em relação à testemunha e ao N100, sobretudo após 30 horas de incubação. De forma geral, os valores finais de produção cumulativa de gases foram inferiores na época seca quando comparados à época chuvosa, refletindo menor degradabilidade do substrato nesse período.

A interação entre tratamento e época (Tabelas 7 e 8) reforçou a consistência do tratamento BPCP + N25, que resultou em forragem com a maior taxa de degradação da fração rápida (Kd1) na época seca ($0,1182 \% h^{-1}$). Isso é estratégico para sistemas de produção no Agreste, sugerindo que o uso de BPCP pode ajudar a manter a qualidade cinética da forragem (velocidade de digestão) mesmo em períodos de restrição hídrica, mitigando os efeitos negativos da estacionalidade apontados por Rosa *et al.* (2019) e Moura *et al.* (2024).

Tabela 7. Interação tratamento × época do ano para parâmetros da produção de gás *in vitro* da fração folha do capim-elefante cv. BRS Capiapu, Garanhuns-PE

Tratamento	Época		P
	Chuvosa	Seca	
Vf1 (mL)			
Testemunha	67,2 b	67,1	0,9838
N100	91,4 ab A	48,4 B	0,0006
BPCP	89,9 ab A	61,8 B	0,0157
BPCP+N25	109,5 a A	37,7 B	<,0001
BPCP+N50	102,0 a A	60,6 B	0,0008
BPCP+N75	84,9 ab A	60,3 B	0,0315
P	0,0069	0,0700	
EPM	7,0456		
Kd1 (% h ⁻¹)			
Testemunha	0,0786	0,0659 b	0,3226
N100	0,0717	0,0711 b	0,9599
BPCP	0,0619	0,0833 ab	0,1037
BPCP+N25	0,0559 B	0,1182 a A	<,0001
BPCP+N50	0,0601	0,0674 b	0,5694
BPCP+N75	0,0693	0,0726 b	0,7954
P	0,4578	0,0023	
EPM	0,0085		
Kd2 (% h ⁻¹)			
Testemunha	0,0204 a	0,0213 b	0,4512
N100	0,0207 a	0,0222 ab	0,2071
BPCP	0,0200 a B	0,0226 ab A	0,0293
BPCP+N25	0,0193 a B	0,0255 a A	<,0001
BPCP+N50	0,0195 a B	0,0224 ab A	0,0191
BPCP+N75	0,0214 a	0,0232 ab	0,1229
P	0,4814	0,0286	
EPM	0,0008		

Testemunha = testemunha sem inóculo e sem adubação; N100 = dose recomendada de fertilizante nitrogenado; BPCP = apenas coinóculo; BPCP + N25 = coinóculo associado a 25% da dose recomendada de N; BPCP + N50 = coinóculo associado a 50% da dose recomendada de N; BPCP + N75 = coinóculo associado a 75% da dose recomendada de N; Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (Vf1); Kd1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1; Kd2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2. Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EPM: erro padrão da média.

Tabela 8. Interação tratamento × época do ano para parâmetros da produção de gás *in vitro* da fração colmo do capim-elefante cv. BRS Capiacu, Garanhuns-PE

Tratamento	Época		P
	Chuvosa	Seca	
PGTO (mL g ⁻¹ MS)			
Testemunha	248,7 ab	246,4	0,8262
N100	258,9 ab	251,7	0,4943
BPCP	239,4 b	248,4	0,3959
BPCP+N25	254,2 ab	248,7	0,5967
BPCP+N50	246,2 b	254,2	0,5055
BPCP+N75	279,5 a A	239,2 B	0,0008
P	0,0110	0,7855	
EPM	7,0672		
Vf1 (mL)			
Testemunha	90,2 a A	76,7 a B	0,0190
N100	91,2	100,1 a	0,1092
BPCP	93,9	91,5 a	0,6633
BPCP+N25	79,7 B	92,9 a A	0,0214
BPCP+N50	75,1 B	93,7 a A	0,0021
BPCP+N75	82,0 A	49,9 b B	<,0001
P	0,1347	<,0001	
EPM	5,452		
Kd2 (% h ⁻¹)			
Testemunha	0,0209 B	0,0227 a A	0,0072
N100	0,0203	0,0206 b	0,5766
BPCP	0,0203	0,0213 ab	0,1363
BPCP+N25	0,0204	0,0209 b	0,3737
BPCP+N50	0,0215	0,0205 b	0,1153
BPCP+N75	0,0202 B	0,0229 a A	0,0003
P	0,1930	0,0006	
EPM	0,0004		

Testemunha = testemunha sem inóculo e sem adubação; N100 = dose recomendada de fertilizante nitrogenado; BPCP = apenas coinóculo; BPCP + N25 = coinóculo associado a 25% da dose recomendada de N; BPCP + N50 = coinóculo associado a 50% da dose recomendada de N; BPCP + N75 = coinóculo associado a 75% da dose recomendada de N; PGTO = Produção de gás total; PGTA = produção de gás total ajustada pelo modelo; Vf1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (Vf1); Kd2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2. Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EPM: erro padrão da média.

6 CONCLUSÃO

A época do ano exerceu influência determinante sobre a qualidade da forragem do capim-elefante cv. BRS Capiacu, sendo a estação chuvosa a que proporcionou maior produção total de gases e menor tempo de latência, favorecida pela maior disponibilidade hídrica que estimula o acúmulo de conteúdo celular.

A estratégia de coinoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) associada à adubação nitrogenada mostrou-se eficaz em otimizar a cinética de fermentação ruminal. O tratamento com coinoculação associada a 25% da dose de Nitrogênio (BPCP + N25) destacou-se por promover um efeito sinérgico, resultando em maior produção total de gases e degradação superior da fração fibrosa na folha. Essa dose permitiu o aporte nutricional necessário sem induzir a lignificação excessiva observada em doses elevadas, superando a testemunha e apresentando desempenho competitivo com a adubação plena.

Conclui-se que a coinoculação associada a doses reduzidas de nitrogênio é uma estratégia viável para maximizar o aproveitamento nutricional do Capim-elefante cv. BRS Capiáu, viabilizando a redução de fertilizantes minerais com manutenção da qualidade fermentativa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. H. S.; PERSEGIL, E. O.; CATALANI, G. C.; CRUCIOL, G. C. D. Adubação foliar na cultura do capim elefante BRS Capiáu. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2022.
- ALENCAR, E. J. S. Effect of harvest frequency and season on morphogenic and structural characteristics of dwarf and tall Elephantgrass genotypes. **Grass and Forage Science**, v. 78, p. 480-490, 2023.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEKA, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, W. S. Produção e composição bromatológica do capim-elefante BRS Capiáu em diferentes idades de rebrota e doses de nitrogênio. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e34311427495, 2022.
- AMANZOUGARENE, Z.; FONDEVILA, M. Fitting of the *in vitro* gas production technique to the study of high-concentrate diets. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1935, 2020.
- AOAC - Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st ed. AOAC, Washington DC, 2019. 3390p
- BRANDSTETTER, L. V. Production and nutritional value of BRS Capiáu elephant grass managed at different regrowth ages. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1197-1208, 2018.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.

CHAGAS, N. S.; OLIVEIRA NETO, M. X.; FREITAS, L. M.; SOUZA, Y. S. B. Comportamento do capim BRS Capiapu submetido a diferentes tipos de adubações. **Revista Perquirere**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2023.

CHAVES, C. S.; RIBEIRO, K. G.; GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C.; MORENZ, M. J. F.; GAMA, D. S. Valor nutritivo e cinética de degradação *in vitro* de genótipos de capim-elefante (*Penisetum purpureum Schumacher*) sob dois intervalos de desfolhação e duas alturas de resíduo pós-pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 5, p. 1351-1359, 2016.

COSTA, M. A. M. S. **Produtividade e valor nutricional do Capim-Elefante cv. BRS Capiapu em diferentes idades de rebrota**. 2020. 32 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2020.

EGER, M.; GRAZ, M.; RIEDE, S.; BREVES, G. Application of mootralTM reduces methane production by altering the *Archaea* community in the rumen simulation technique. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 2094, 2018.

FERREIRA, E. A.; ABREU, J. G. de; MARTINEZ, J. C.; BRAZ, T. G. dos S.; FERREIRA, D. P. Cutting ages of elephant grass for chopped hay production. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 245-253, 2018.

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D. R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v. 163, p. 99-111, 1993.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington: United States Department of Agriculture, 1970. p. 387-598.

GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; MORENZ, M. J. F.; COSTA, V. A. C. Características estruturais e produção de forragem em capim-elefante anão submetido a diferentes intervalos de corte e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 1069-1075, 2011.

GUIMARÃES JR., R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; PIRES, D. A. A.; JAYME, D. G.; SOUSA, L. F. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milheto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 5, p. 1174-1180, 2008.

MISTURA, C.; FONSECA, D. M. da; MOREIRA, L. de M.; FAGUNDES, J. L.; MORAIS, R. V.; QUEIROZ, A. C. de; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Efeito da adubação nitrogenada e irrigação sobre a composição químico-bromatológica das lâminas foliares e da planta inteira de capim-elefante sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1707-1714, 2007.

MOURA, M. M. A.; ALVES, W. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; MIZOBUTSI, E. H.; MONÇÃO, F. P.; FERNANDES, M. B.; ALMEIDA, L. B.; ARAUJO, I. V. S. Estratégias de manejo para a cultivar BRS Capiapu: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. 1-17, 2024.

MORAIS, R. F.; QUESADA, D. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Plant and Soil**, v. 356, p. 23–34, 2012.

OLIVEIRA, J. T. C.; SILVA, G. T.; DINIZ, W. P. D. S. *et al.* Bacteria diazotrófica aislada de *Brachiaria spp.*: diversidad genética, fenotípica y funcional. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 45, p. 277-289, 2018.

OLIVEIRA, E. C.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, F. F.; SILVA, M. A.; SANTOS, G. R. Adubação orgânica e mineral no cultivo de capim-elefante cv. BRS Capiapu no semiárido. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 25-32, 2020.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A. M. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 2. Valor nutritivo ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 6, p. 1076-1081, 1998.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. da S.; MIRTON, J.F.; MORENZ, J.L.B.L.; SANTOS, A.M.B.; MARTINS, C. E.; MACHADO, J. C. BRS Capiapu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. **Comunicado Técnico**, 79, EMBRAPA, 2016, 6p.

PEREIRA, A. V.; AUAD, A.M.; SANTOS, A.M.B. dos; MITTELMANN, A.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D.S.C.; LÉDO, F. J. da S.; OLIVEIRA, J.S.; LEITE, J.L.B.; MACHADO, J.C.; MATOS, L.L.; J.F.; MORENZ; ANDRADE, P.J.M.; BENDER, S.E.; ROCHA, W.S.D. **BRS CAPIAÇU E BRS KURUMI: cultivo e uso**. Embrapa, Brasília-DF 2021. 116 p.

PEREIRA, A. V.; LIRA, M. de A.; MACHADO, J. C.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; LÉDO, F. J. da S.; DAHER, R. F. Elephantgrass, a tropical grass for cutting and grazing. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, e9317, 2021.

RAMIN, M.; HUHTANEN, P. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 4, p. 2476-2493, 2013.

ROSA, P. P. da; SILVA, P. M. da; CHESINI, R. G.; OLIVEIRA, A. P. T. de; SEDREZ, P. A.; FARIA, M. R.; LOPES, A. A.; ROLL, V. F. B.; FERREIRA, O. G. L. Características do Capim Elefante *Pennisetum purpureum* (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiapu. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 70-84, 2019.

SANTOS, J. F.; COSTA, M. L. Caracterização de isolados endofíticos de *Klebsiella variicola* (Estirpe F2R9) e seu potencial na promoção do crescimento em gramíneas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-15, 2016.

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2980-2991, 1994.

SILVA, N. V. Morphological characteristics and kinetics of *in vitro* gas production of tall and dwarf elephant grass genotypes as affected by harvest frequencies. **The Journal of Agricultural Science**, v. 163, p. 171–182, 2025.

SIMEONIDIS, K.; ATTARD, E.; PINOTTI, L.; PASTORELLI, G. *In vitro* gas production techniques: preservation methods and challenges in ruminant research – a review. **Annals of Animal Science**, v. 25, n. 4, p. 1225, 2025. DOI: 10.2478/aoas-2025-0013.

SOUZA, M. G.; COSTA, E. I. S. Composição bromatológica de cultivares de capim-elefante em diferentes estádios de corte. 2023. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2023.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, p. 185-197, 1994.