



LEONARDO BOLLELI FALEIROS

**POTENCIAL PRODUTIVO DE *Urochloa brizantha* cv.
MARANDU NA MESORREGIÃO DO CAMPO DAS
VERTENTES**

LAVRAS – MG

2020

LEONARDO BOLLELI FALEIROS

**POTENCIAL PRODUTIVO DE *Urochloa brizantha* cv. MARANDU NA
MESORREGIÃO DO CAMPO DAS VERTENTES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Márcio André Stefanelli Lara

Orientador

LAVRAS – MG

2020

LEONARDO BOLLELI FALEIROS

**POTENCIAL PRODUTIVO DE *Urochloa brizantha* cv. MARANDU NA
MESORREGIÃO DO CAMPO DAS VERTENTES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA EM 08 DE JULHO DE 2020.

Msc. Daniel da Cunha

Msc. Sérgio Domingos Simão

Prof. Dr. Márcio André Stefanelli Lara

Orientador

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de demonstrar minha gratidão perante a Deus, e todas as oportunidades que ele concede a mim, como exemplo, a oportunidade de me graduar em uma Universidade de excelência, como a Universidade Federal de Lavras.

Aos meus pais por todo apoio e suporte, estimulando desde a infância a me manter focado nos estudos. A minha irmã Fernanda, por estar sempre ao meu lado, a minha namorada Clara, por ser minha companheira em todos os momentos. A todos os amigos que em Lavras conheci e deixarão saudade.

A meu orientador Márcio Lara, por todo conhecimento a mim transmitido, por me conceder a oportunidade de desenvolver diversos projetos, juntamente ao seu grupo de estudos C4 e posteriormente no núcleo de estudos Nefor; e por me dar todo suporte necessário na fase final da graduação. A minha banca de defesa composta por, Márcio Lara, Daniel da Cunha e Sérgio Domingos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados geográficos das cidades da região Campos das Vertentes	13
Tabela 2 – Fatores de correção do modelo em função das doses de nitrogênio aplicadas	15
Tabela 3 – Parâmetros para cálculo da taxa de acúmulo de forragem em função das doses de nitrogênio para o capim Marandu	17
Tabela 4 – Área do município e dos estabelecimentos rurais em hectare (ha)	20
Tabela 5 – Área total de pastagens naturais e plantadas, em boas e más condições de conservação, em hectare (ha)	23
Tabela 6 – Número de estabelecimentos rurais e que exercem a atividade pecuária	27
Tabela 7 – Potencial do rebanho bovino e lotação (cab/mun) em cada dose de N (kg)	30
Tabela 8 – Margem de lucro potencial por município (milhões de R\$) para cada dose de N (kg) e margem de lucro atual estimada pelo IBGE	34
Tabela 9 – Acúmulo de forragem nos sistemas sequeiro e irrigado e diferença entre os acúmulos para cada dose de N (Kg.ano ⁻¹ MS).....	37

RESUMO

A pecuária brasileira possui grande relevância econômica para o país e é, em grande parte, dependente da utilização de pastagens, constituídas principalmente por forrageiras do gênero *Urochloa*. Objetivou-se com este trabalho simular o crescimento vegetativo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob doses de nitrogênio, nas condições de sequeiro, caracterizando e verificando a viabilidade econômica da produção forrageira para a mesorregião do Estado de Minas Gerais dos Campos das Vertentes. Extraiu-se do Censo Agropecuário de 2017 dados da área total de estabelecimentos rurais na região, o número total de estabelecimentos rurais, o número de estabelecimentos que praticam a pecuária, bem como a área total de pastagens naturais, pastagens em bom e em mal estado de conservação. Utilizando uma série histórica de dados climáticos estimados para o período compreendido entre 2007 a 2017, obtidos por meio do site americano NASA POWER, obteve-se as médias de pluviosidade, radiação solar e temperaturas máximas e mínimas. Fazendo uso desses dados climáticos e de um modelo matemático previamente desenvolvido para determinação do potencial produtivo para *Urochloa brizantha* cv. Marandu, estimou-se o potencial produtivo de forragem para as 36 cidades que englobam a mesorregião do Campo das Vertentes, considerando doses de adubação nitrogenada de 0, 50, 100, 200 e 350 quilogramas de N por hectare. A margem líquida de ganho foi estimada subtraindo da margem bruta de produção os custos envolvendo adubação e medicamentos dos animais. Mapas de zoneamento da produção forrageira para o estado de Minas Gerais, em função das doses de N para o sequeiro foram elaborados utilizando o Software ArcGis 10.3. A microrregião de São João del-Rei é superior em área e número de propriedades rurais, liderando ainda em relação à área total de pastagens plantadas em boas e más condições. Entretanto, a microrregião de São João del-Rei lidera quanto ao número de estabelecimentos que exercem a atividade pecuária, efetivo bovino e lotação (cab.mun⁻¹) em todas as doses de N aplicadas. A microrregião de Barbacena lidera acerca das pastagens naturais e no número de estabelecimentos rurais. Nota-se que, em todos os municípios avaliados, com o aumento das doses de N, há a possibilidade de crescimento na taxa de lotação da pastagem. Quanto à viabilidade econômica, seu máximo desempenho é alcançado na dose de 350 kg de N ha⁻¹, além de superar em todas as doses a margem estimada do IBGE. A diferença entre o acúmulo de forragem do sistema irrigado e sequeiro, não foi representativa frente às doses de N adotada. De acordo com os mapas elaborados, o incremento da dose aplicada de N aumenta proporcionalmente a produção anual de forragem. O modelo de produção possibilita estimar o potencial de produção forrageira dentro da mesorregião avaliada e pode ser útil para auxiliar técnicos e pecuaristas na tomada de decisão sobre estratégias de produção em cada propriedade estimando os ganhos potenciais com a atividade em cada município. A aplicação de nitrogênio amplia a margem líquida de ganho, atingindo seu máximo desempenho econômico na dose de 350 kg de N ha⁻¹.

Palavras-chave: Capim Marandu. *Brachiaria*. Viabilidade econômica. Modelos matemáticos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Importância da pecuária brasileira	8
2.2 A cultura da Brachiaria (<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu)	9
2.3 Modelos matemáticos na estimativa de potencial produtivo	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira tem se firmado como uma das maiores produtoras e exportadoras de proteína animal, alcançando recordes consecutivos de produção, fazendo uso das mais modernas tecnologias e práticas que tem como objetivo a sustentabilidade. O Brasil, em razão de sua grande área e clima tropical e subtropical, possui ainda, elevado potencial para produção de carne e leite, sendo as pastagens tropicais a principal fonte de alimento para os animais, a um custo relativamente menor do que nos demais países. O gênero *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) engloba por volta de 100 espécies que tem origem nas regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios, com diversas espécies sendo utilizadas como forrageiras na América tropical.

Dentro desse gênero, uma das espécies mais conhecidas é a *Urochloa brizantha*, (sin. *Brachiaria brizantha*) sendo o cultivar Marandu o mais empregado. Esse cultivar possui bons índices produção de massa de forragem e boa distribuição da produção no decorrer do ano, garante boa cobertura do solo, conta com elevada capacidade competitiva frente as plantas daninhas e possui rápido estabelecimento, além da elevada responsividade à adubação nitrogenada, quando os demais nutrientes se encontram em níveis adequados no solo. Apesar do seu potencial de utilização e com o avanço da tecnificação da agropecuária, torna-se ainda necessário a estimativa de produtividade dessas pastagens, visando verificar a viabilidade econômica do sistema implantado.

Modelos matemáticos de predição e estimativa de produtividade de pastagens surgiram com o propósito de quantificar as variações estacionais da produtividade das pastagens fundamentando-se nas relações obtidas experimentalmente, relacionando o crescimento das plantas à amplitude das variações climáticas. Tais modelos tornaram possível a previsão da produtividade em locais distintos, levando em conta os limites de confiança estabelecidos por situações consideradas no desenvolvimento do modelo. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho, usar modelos matemáticos, avaliar os impactos das variações climáticas na produção e simular o padrão de crescimento vegetativo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob doses de nitrogênio, nas condições de sequeiro e irrigado, caracterizando e verificando a viabilidade econômica da produção forrageira para a mesorregião do estado de Minas Gerais dos Campos das Vertentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da pecuária brasileira

A agropecuária brasileira tem se estabelecido como uma das maiores fornecedoras mundiais de alimentos, atingindo recordes de produção consecutivos e empregando as mais modernas tecnologias e práticas que visam a sustentabilidade em um dos setores de maior relevância para o desenvolvimento econômico do país. O Brasil se mantém no mercado mundial como um dos mais importantes produtores e exportadores de proteína animal (CONAB, 2013).

O Brasil finalizou o ano de 2018 registrando crescimento no Produto Interno Bruto (PIB), que alcançou R\$ 6,8 trilhões. No mesmo período, o PIB da pecuária representou R\$ 597,22 bilhões, 8,3% além dos R\$ 551,41 bilhões registrados em 2017. Assim, o PIB da pecuária ampliou para 8,7% sua contribuição no PIB total brasileiro (ABIEC, 2019).

A quantia movimentada pela pecuária de corte alcançou em 2018 o montante representativo de R\$ 597,22 bilhões. Este valor expressa uma ampliação de 8,3% frente aos R\$ 551,41 bilhões notificados em 2017. A quantia, que relaciona desde os insumos empregados na produção do gado, investimento em genética, faturamento dos animais até o valor comercializado pelas indústrias e varejos, foi o maior já obtido nos últimos dez anos (ABIEC, 2019).

Uma parcela deste crescimento ocorreu em razão dos resultados satisfatórios no faturamento dos frigoríficos, que alcançou R\$ 144,9 bilhões, crescimento de 16,2% frente o estimado para o ano anterior, alavancado especialmente pelo crescimento das exportações brasileiras de carne bovina e ainda no mercado externo. O faturamento total da pecuária teve crescimento de 8,3% e alcançou R\$ 104 bilhões. Também foi registrado crescimento nas categorias Insumos e Serviços Industriais (+18,9%), Insumo e Serviços para a Produção Pecuária (+8,2%) e Receita do Varejo Total (+14,4%) (ABIEC, 2019).

Em 2018 notificou-se crescimento de 6,9% no número de abates, que alcançou 44,23 milhões de cabeças. Desse modo, também ocorreu ampliação do volume de carne bovina produzida, totalizando 10,96 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), 12,8% superior a 2017. Dessa totalidade, 20,1% foi exportada e 79,6% foi comercializada no mercado interno, onde estimou-se um consumo per capita de 42,12kg/ano. O crescimento no número de abates e produção de carne se deu simultaneamente à redução 1,6% na área de pastagem para 162,19 milhões de hectares com um rebanho estimado em 214,69 milhões de cabeças (ABIEC, 2019).

O Brasil, por sua dimensão continental e por ser um país de clima tropical e subtropical, conta com imenso potencial para produzir leite e carne, tendo as pastagens tropicais como principal alimentação para os animais, a um custo relativamente menor do que nos demais

países. O Brasil pode se tornar a médio ou longo prazo um relevante exportador de leite e produtos lácteos, a exemplo da carne bovina (SILVA et al., 2017).

A produção de leite brasileira foi de 33,5 bilhões de litros em 2017, sendo 35,7% originados da região Sul, 34,2% da Sudeste, 11,9% da Centro-Oeste, 11,6% da Nordeste e 6,5% da região Norte. Entre 2012 e 2017, o incremento da produção nacional foi de 1,2 bilhão de litros, alavancada especialmente pelos três estados do Sul (EMBRAPA, 2019).

Em 2018, o Brasil importou, em média, 99 milhões de litros por mês. Em 2017, essa média mensal foi de 106 milhões de litros. De modo geral, as importações brasileiras de leite e derivados representaram US\$ 485 milhões no ano, redução de 13,6% em relação a 2017, sendo leite em pó e queijos os principais produtos importados. Além da menor demanda interna, a desvalorização da taxa de câmbio e o alinhamento do preço brasileiro ao internacional no período mais recente tem colaborado para um menor volume de importação. estão contribuindo para um menor volume de importação (EMBRAPA, 2019).

As exportações, por seu turno, também foram menores que em 2017, totalizando US\$ 58 milhões em 2018, diminuição de 48,2%. Leite condensado, queijos e creme de leite foram os principais produtos exportados pelo Brasil, correspondendo a 83% dos embarques (EMBRAPA, 2019).

Deste modo, é possível notar que o país possui grande potencial para crescimento no setor pecuário, tendo as pastagens tropicais como uma das principais fontes de alimento para os bovinos, se destacando, entre as forrageiras utilizadas, o gênero *Urochloa*.

2.2 A cultura da *Brachiaria* (*Urochloa brizantha* cv. Marandu)

O gênero *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) relaciona por volta de 100 espécies que tem origem nas regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios. Sete dessas espécies, a *U. arrecta*, *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. dictyoneura*, *U. humidicola*, *U. mutica* e *U. ruziziensis* são empregadas como forrageiras na América tropical (FEITOSA, 2017).

As poáceas desse gênero contam com abrangência cada vez maior na pecuária brasileira, por se tratar de plantas com exigências edafoclimáticas reduzidas são tidas como base alimentar fundamental na criação de gado. Os solos escolhidos para implantação de pastagem frequentemente contam com importantes restrições acerca da fertilidade química natural, acidez e topografia (GERMANO et al., 2018).

Dentro desse gênero, uma das espécies mais conhecidas é a *Urochloa brizantha*, sendo o cultivar Marandu o mais empregado. Estima-se que mais de 70 milhões de hectares da vegetação nativa foram substituídos, especialmente pelo capim Marandu (SILVA FILHO et al.,

2014). O cultivar Marandu foi lançado em 1984 pela Embrapa Gado de Corte, teve sua origem em de acesso procedente do Zimbábue, África (NUNES et al., 1984). Seu nome tem origem no guarani, que significa “novidade” (CARDOSO, 2019). É uma planta forrageira de ciclo fotossintético C4, conta com crescimento cespitoso, alcançado em torno de 1,5 a 2,5 metros de altura. Possui colmos prostrados e emite perfilhos eretos, com bainhas pilosas e que possuem cílios nas margens. As folhas são pilosas tanto na face abaxial quando adaxial. (MORAES, 2018). Suas inflorescências podem atingir até 4 centímetros, contando com entre 4 a 6 racemos. No fim do verão, entre os meses de fevereiro e março ocorre o florescimento, que é considerável (CARDOSO, 2019).

Esse cultivar conta com considerável produção de massa seca de forragem e boa distribuição da produção no decorrer do ano; garante boa cobertura do solo; conta com capacidade competitiva elevada frente a plantas daninhas e possui célere estabelecimento. Possui elevada responsividade à adubação nitrogenada, quando os demais nutrientes se encontram em níveis adequados no solo (FEITOSA, 2017).

O Marandu é um dos cultivares forrageiros mais empregados nas áreas de pastagem para pecuária no Brasil devido suas características vantajosas, como tolerância a limitações na fertilidade do solo, resistência à cigarrinha das pastagens, altas produtividades quando adequadamente adubada e manejada. Alguns trabalhos mencionam produções médias anuais de massa seca variando de 4 a 12 ton.ha⁻¹, podendo alcançar 20 ton.ha⁻¹ (VALLE et al., 2010).

Sua desvantagem mais representativa é a intolerância a solos encharcados com lâminas d'água e mal drenados, podendo levar à morte do capim em algumas áreas, ocorrência frequente no norte do Brasil. O manejo inadequado das pastagens e ocorrência de pragas e/ou doenças relacionadas como o apodrecimento das raízes causadas por fungos, mancha foliar (*Rhizoctonia*) e diminuição do crescimento da planta também são razões para morte do braquiarião (CAMARÃO E FILHO, 2005).

Dado a relevância das pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu para a pecuária brasileira, emerge a necessidade de se estimar sua produção de matéria seca, em diversos manejos adotados. Para suprir tal necessidade, emergem os modelos matemáticos, que auxiliam nas tomadas de decisão de produtores e técnicos

2.3 Modelos matemáticos na estimativa de potencial produtivo

Modelos matemáticos vêm sendo empregados com sucesso para a previsão de safras. A modelagem matemática fundamenta-se na arte de transformar problemas reais em matemáticos e solucioná-los, interpretando suas resoluções na linguagem do mundo real (AMARAL et al.,

2017). Deste modo, a modelagem é utilizada para a resolução de diversas questões, como Resende et al. (2011) que utilizou modelos para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas. Mantai et al. (2015), por meio de modelos de regressão múltipla estimaram a produtividade da aveia pelos componentes da panícula e doses de nitrogênio.

A modelagem matemática é uma descrição simplificada de sistemas reais por meio da relação entre diferentes áreas do conhecimento com o propósito de resumir, descrever e avaliar diversas características de produção agrícola, relacionando a produção e as diversas interações entre os cultivos e o meio ambiente, tornando possível, deste modo, a previsão do desempenho da comunidade de plantas e a descrição de oportunidades para o aperfeiçoamento do manejo empregado (SOUSA, 2018).

O emprego de modelos matemáticos como meio auxiliar para a tomada de decisão teve como simplificadores a disponibilidade de informações e a necessidade de sistematizar o conhecimento desenvolvido no decorrer do tempo (RODRIGUES, 2004).

Modelos matemáticos de predição/estimativa de produtividade de pastagens surgiram com o propósito de prever as variações estacionais da produtividade das pastagens fundamentando-se nas relações obtidas experimentalmente e relacionar o crescimento das plantas à amplitude das variações climáticas. Tais modelos tornam possível a previsão da produtividade em locais distintos, levando em conta os limites de confiança estabelecidos por situações consideradas no desenvolvimento do modelo (RODRIGUES, 2004).

Os elementos climáticos são representativos no estabelecimento da produtividade das forrageiras, e variáveis como a temperatura, pluviosidade e a luminosidade (fotoperíodo e qualidade da luz) tem influência considerável sobre variáveis relevantes como a produção de massa e a sazonalidade da produção forrageira (SOUSA, 2018).

O planejamento alimentar partindo de previsões referentes à quantidade e qualidade da forragem produzida possibilita fundamentos sólidos para desenvolvimento de estudos de viabilidade econômica, implantação de alternativas tecnológicas, entre outros. Deste modo, o desenvolvimento e utilização de modelos estimativos de produção e taxa de acúmulo de forragem é relevante para estabelecimento de estratégias no negócio pecuário (SOUSA, 2018).

Sintetizando, é evidente a relevância da pecuária brasileira para a economia brasileira e, ainda, a importância das pastagens constituídas por *Urochloa brizantha* cv. Marandu para a alimentação do efetivo bovino nacional. Dado tal importância, emerge a necessidade da utilização de modelos matemáticos para previsão da produção de massa seca - em sistemas sequeiro ou irrigado, com aplicação ou não de fertilizantes nitrogenados - com o propósito de auxiliar nas tomadas de decisão de produtores e técnicos, caracterizando e verificando a

viabilidade econômica da produção forrageira para a mesorregião do estado de Minas Gerais dos Campos das Vertentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para geração dos cenários de produção em função da dose de N utilizada, foi necessário o levantamento de dados climáticos. Estes dados foram levantados por meio dos dados de satélite disponibilizados pelo site Nasa Power, sendo elaborada série histórica de 10 anos, de 2007 a 2017. Os dados climáticos obtidos foram Precipitação (mm) e Temperaturas Mínimas e Máximas (°C). Os dados compilados desde 2007 foram organizados em planilha Excel, sendo os dados faltantes preenchidos pelo cálculo das médias aritméticas entre duas mensurações consecutivas.

Os dados geográficos de 36 cidades da mesorregião Campos das Vertentes foram levantados através do último Censo Agropecuário realizado em 2017, por meio da aba cidades.

O levantamento de dados é realizado por meio de questionários aplicados ao proprietário do estabelecimento rural. Em 2017, foram introduzidas novas tecnologias para o controle da coleta, tais como: lista prévia de endereços, utilização de imagens de satélite nos dispositivos móveis de coleta para melhor localização do recenseador em relação ao terreno, e uso de coordenadas do endereço e do local de abertura do questionário, as quais permitiram melhor cobertura e avaliação do trabalho.

Tabela 1 – Dados geográficos das cidades da mesorregião Campos das Vertentes

CIDADES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE(m)
Santa Bárbara do Tugúrio	21° 14' 50"	43° 33' 22"	682
Desterro do Melo	21° 8' 24"	43° 31' 33"	881
Senhora dos Remédios	21° 1' 42"	43° 34' 56"	803
Capela Nova	20° 55' 15"	43° 36' 41"	797
Caranaíba	20° 51' 6"	43° 44' 11"	945
Carandaí	20° 57' 15"	43° 47' 29"	1 080
Ressaquinha	21° 3' 48"	43° 45' 46"	1 129
Alfredo Vasconcelos	21° 8' 16"	43° 45' 52"	1 050
Barbacena	21° 13' 35"	43° 46' 27"	1 173
Antônio Carlos	21° 18' 53"	43° 45' 6"	1 060
Ibertioga	21° 25' 11"	43° 57' 15"	1 045
Santana do Garambéu	21° 34' 30"	44° 4' 49"	1 042
Piedade do Rio Grande	21° 27' 1"	44° 11' 37"	994
Madre de Deus de Minas	21° 29' 2"	44° 19' 58"	985
São João del-Rei	21° 8' 11"	44° 15' 43"	904
Barroso	21° 11' 15"	43° 58' 33"	931
Dores de Campos	21° 7' 9"	44° 1' 4"	989
Tiradentes	21° 6' 41"	44° 10' 7"	903
Prados	21° 3' 13"	44° 5' 24"	1 050

Santa Cruz de Minas	21° 7' 18"	44° 13' 25"	893
Coronel Xavier Chaves	21° 1' 23"	44° 9' 58"	972
Lagoa Dourada	20° 53' 12"	44° 4' 5"	1 034
Resende Costa	20° 53' 54"	44° 14' 35"	1 026
Ritápolis	21° 1' 20"	44° 18' 55"	1 029
São Tiago	20° 54' 8"	44° 30' 4"	1 053
Conceição da Barra de Minas	21° 12' 10"	44° 27' 49'	971
Nazareno	21° 12' 46"	44° 35' 54"	922
Carrancas	21° 28' 11"	44° 38' 7"	1 134
Itutinga	21° 17' 54"	44° 39' 36"	945
Luminárias	21° 31' 34"	44° 52' 53"	1 141
Ingaí	21° 24' 24"	44° 56' 30"	971
Itumirim	21° 15' 57"	44° 50' 49"	874
Ijaci	21° 9' 24"	44° 55' 34"	833
Lavras	21° 14' 45"	44° 59' 59"	920
Ribeirão Vermelho	21° 11' 29"	45° 3' 45"	793
Nepomuceno	21° 12' 40"	45° 13' 46"	864

Fonte: IBGE (2017)

Para estimar o acúmulo de forragem (AF) de *Urochloa brizantha* (Stapf.) cv. Marandu, foi empregado o modelo de produção elaborado por Lara (2011), em que a taxa de acúmulo de forragem (TAF) foi estimada em função da temperatura média mínima alcançada em 11 ciclos de rebrotação em um ano. A esse modelo foram adicionados fatores de correção que consideram quatro fases de ajuste no processo de AF. Deste modo, o modelo atua concatenando a produção potencial estimada por um modelo básico ajustado por coeficientes relacionados às eficiências de cada fase do cálculo. Inicialmente a temperatura média anual (TMA) foi estimada em função da temperatura mínima acumulada no período, no caso, a temperatura mínima média acumulada em cada mês do ano. Este modelo foi ajustado para a adubação anual equivalente à 200 kg de $Nha^{-1}ano^{-1}$ (LARA, 2011). A segunda fase do modelo corrige a TMA para doses de nitrogênio (N) aplicado.

Como a aplicação de N leva à um crescimento linear da produção a cada kg de fertilizante utilizado, as curvas de produção seriam equidistantes, influenciando sobre o modelo biológico de produção. Para evitar tal conceito matemático, foi elaborada uma correção para dose de N aplicada, haja vista que a eficiência de uso do N pela planta diminui ou aumenta de acordo com variações na temperatura, sendo este fator denominado ef.N, cujos valores foram tabelados (Tabela 2) e possibilitou elaborar equações ajustadas para diferentes doses de N.

A terceira etapa fundamenta-se em ajustar o valor alcançado nas duas primeiras etapas, em função da eficiência de crescimento das plantas pela dose de nitrogênio aplicada,

denominada ef.D, valor também tabelado (Tabela 2) e, finalmente, um último fator de correção que se refere ao estresse hídrico (FH), que por sua vez é dependente da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) e da profundidade do sistema radicular, ajustando a produção para sistemas irrigados e não irrigados.

Tabela 2 - Fatores de correção do modelo em função das doses de Nitrogênio aplicadas

Dose de Nitrogênio aplicado (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	0	100	200	300	400	500
Valor de ¹ ‘ef.N’	-20	-10	0	10	20	30
Valor de ² ‘ef.D’	0,40	0,85	1,00	0,98	0,91	0,80

¹ef.N = eficiência de uso do N; ²ef.D = fator de controle da produção em função da eficiência de uso do nitrogênio.

Fonte: Lara (2011).

Equação de predição:

$$Y = TMA * ef.N * ef.D * FH \quad (1)$$

Matematicamente:

$$Y = ((\alpha * T_{min}) + \beta) * ((a / (1 + (\text{EXP}(- (T_{min} - b) / x_0)))) * ef.N) / 28) * ef.D * (se \text{ ETR/ETM} \geq 0.5, 1; se \text{ ETR/ETM} < 0.5, 2 * (\text{ETR/ETM}))$$

em que o valor de ‘Y’ corresponde à quantidade de forragem acumulada em kg MS ha⁻¹. ‘ α ’ corresponde ao coeficiente angular da equação de regressão linear simples entre taxa de acúmulo de forragem e a temperatura mínima para a dose de 200 kgha⁻¹ano⁻¹ de N; ‘Tmin’ corresponde a temperatura média mínima ocorrida durante o ciclo de rebrotação (em °C); ‘ β ’ corresponde ao intercepto da equação de regressão linear simples entre taxa de acúmulo e temperatura mínima para a dose de 200 kgha⁻¹ano⁻¹ de N; ‘a’, corresponde a assíntota (valor máximo da eficiência de uso do nitrogênio, ou seja, kg MS produzido / kg de N aplicado) que pode chegar a 40 kg de MS/kg N; ‘x0’ o valor de x para Y = a/2, que é o ponto de inflexão do modelo, que corresponde ao ponto de máximo da primeira derivada da função ($\partial y / \partial x$) (HUNT, 1982; SEBER & WILD, 1989 apud LARA, 2011); e ‘b’ o inverso da taxa de aceleração inicial do modelo (que corresponde ao inverso da máxima taxa de crescimento relativo quando o modelo parte da origem) (LARA, 2011).

Segundo Lara (2011), a primeira derivada da função logística corresponde à taxa de acúmulo instantânea e seu ponto de máximo (máxima taxa de acúmulo instantânea) e ocorre um pouco antes da máxima taxa de acúmulo média [(y1 - y0)/Tmin]. A ‘ef.N’ é um fator de

correção para a aplicação de N em função do valor base obtido por Lara (2011) equivalente à aplicação de 200 kg De N ha⁻¹.ano⁻¹ sendo distribuído igualmente em 10 aplicações. Por exemplo, a diminuição do nível de adubação para 100 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ é realizada atribuindo o valor de ‘-10’ à ef.N. Esse valor é a diferença entre a dose empregada para a elaboração da equação de Lara (2011) e a dose desejada dividida por 10 ciclos de rebrotação. Deste modo, a adição de 150 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ atribuiu o valor de ‘-5’ à ef.N, enquanto a adição de 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ equivale a ‘+20’ ao valor de ef.N na equação (Tabela 2). O valor fixo de 28 na equação corresponde ao comprimento do ciclo de descanso empregado para a estimativa das taxas de acúmulo de forragem de acordo com Lara (2011).

A ‘ef.D’ refere-se a um fator de controle de produção em função da eficiência do emprego de nitrogênio, cujo valor equivale a 100% para a dose base de 200 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹. Essa correção influencia o incremento positivo da produção diminuindo a eficiência com o incremento da dose de N, isto é, instituindo a lei dos incrementos decrescentes. Essa correção fundamenta-se na máxima resposta à aplicação de N alcançada por Guarda (2010) com a dose de 300 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N.

Para caracterizar o regime hídrico das cidades analisadas, foi calculado o Balanço Hídrico Climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955 citado por LARA, 2011). Ao balanço hídrico adicionou-se um fator de correção chamado de Fator Hídrico (FH) que limita a produção forrageira quando há estresse hídrico. O FH atua considerando que a planta passa por restrição de água quando a evapotranspiração real (ETR) for menor que a evapotranspiração média (ETM), e relaciona a queda de rendimento relativo (queda da produção) com o déficit de evapotranspiração relativa, isto é, relaciona o rendimento real obtido (Yr) e o rendimento máximo obtido (Ym) com a relação existente entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima. Essa relação é expressa abaixo (ALLEN et al., 1998 apud LARA, 2011).

Se a $ETR/ETM \geq 0.5$, o FH corresponde a 1;

Se a $ETR/ETM < 0.5$, então se emprega a equação: $2 \cdot (ETR/ETM)$

$$\left(1 - \frac{Yr}{Ym}\right) = Ky \left(1 - \frac{ETR}{ETM}\right) \quad (2)$$

onde: Yr = rendimento real da cultura obtido, (kg ha⁻¹); Ym = rendimento máximo da cultura obtido. (kg.ha⁻¹); Ky = fator de resposta da cultura (Fator Hídrico), adimensional; ETR = evapotranspiração real, (mm); ETM = evapotranspiração máxima, (mm).

Deste modo, os coeficientes ‘a’, ‘b’ e ‘x0’ que se relacionam à eficiência de uso do N em função da temperatura mínima foi de 40, 17 e 2,5 para a cultivar Marandu. Os valores de ‘α’ e ‘β’ são de 6,00 e -59,40 para o capim Marandu. Os valores de TMA corrigidos para ef.N estão na Tabela 3. Após a contabilização do acúmulo de forragem corrigido, considerou-se o acúmulo de forragem igual a zero no período quando a temperatura basal inferior (Tbi) que é a temperatura na qual o crescimento é nulo ou desprezível, é maior que a Tmin do período de crescimento. As Tbi’s foi de 10,8°C para Marandu (LARA, 2011). A CAD utilizada foi de 56 multiplicando o valor de 140 mm/m para solos argilo-arenosos segundo (DOORENBOS e KASSAM, 1994 apud TONATO, 2010) à profundidade de raízes assumida como sendo de 40 cm do nível do solo para a planta forrageira.

Tabela 3 - Parâmetros para cálculo da taxa de acúmulo de forragem em função das doses de Nitrogênio para o capim Marandu

Cultivar	Parâmetro	Dose de N (kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)					
		0	100	200	300	400	500
Marandu	Intercepto	-55,18	-57,29	-59,40	-61,50	-63,71	-65,72
	Coeficiente angular	4,95	5,47	6,00	6,52	7,04	7,56

Fonte: Lara (2011).

Empregando os dados climáticos de cada localidade, as estimativas de produção mensal de forragem foram estimadas em cada dose de N aplicada para as condições de sequeiro ou irrigado.

Para a viabilidade econômica da intensificação do sistema de produção de forragens, foi estimado o potencial de produção animal em cada localidade em função do uso de N e de água. As simulações foram efetuadas adotando um pasto de um hectare, sendo que, para essa informação empregou-se uma equação de estimativa de consumo de massa seca (CMS) ajustado para animais zebuínos presentes no programa BR-Corte 2016.

$$\text{CMS (kg dia}^{-1}\text{)} = -1,912 + 0,900 * \text{CMSs} + 0,094 * \text{PCi}^{0,75} + 1,070 * \text{GMD} - 1,395 * \text{GMD}^2 \quad (3)$$

em que, ‘CMS’ corresponde ao consumo de matéria seca por animal por dia (medida em kg), ‘GMD’ é o ganho médio diário esperado para o animal (medida em kg.dia⁻¹), ‘PCi’ corresponde

ao peso inicial dos animais quando entram na simulação (em kg PV), ‘CMSs’ corresponde ao consumo de massa seca de um suplemento qualquer.

Para as simulações, determinou-se o seguinte cenário: animais na fase de recria, com PCi de 200 kg ou 6,6@, ganho médio diário esperado de 0,6 kg dia⁻¹, e CMSs de 0, isto é, sem emprego de suplemento. Fez-se uso também de uma eficiência no consumo (ec) da forragem produzida de 85%, ou seja, considerou-se perdas por volta de 15% uniformemente durante 365 dias. O ciclo de produção (cp, medido em dias) dos animais foi determinado como sendo 1 ano, ou seja, 365 dias. Ao término de 1 ano de simulação, os animais pesaram 419 kg, o que equivale à 13,9@.

Calculou-se, utilizando a área total de pastagens:

- 1- Taxa de Lotação média (TL) no ciclo de produção (animais ha⁻¹) = (produção de forragem kg MS cp⁻¹ / (CMS animal⁻¹ x ec));
- 2- Ganho de peso (GP) do lote por ciclo de produção (em kg cp⁻¹) = Taxa de lotação * (((cp * GMD) + PCi) – PCi);
- 3- @ ganha no período = GP / 30;
- 4- Com a quantidade de arrobas lotadas na área e o preço de venda por arroba animal, estimou-se a receita bruta.

O valor da @ empregado nos cálculos foi de R\$ 206,40 (duzentos e seis reais e quarenta centavos, de acordo com dados do CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - Esalq/USP em 17/06/2020). Para estimar a receita líquida subtraiu-se os valores de custos de manutenção do pasto e operações com máquinas.

Para o cálculo dos custos com adubação, levou-se em consideração o preço médio da ureia com 45% de N de R\$1600,00 a tonelada, de acordo com dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento para abril/2020) e não foram considerados valores de frete. Os custos com aplicação do adubo foram calculados fundamentando-se em levantamentos da Fundação ABC, onde decidiu-se por utilizar uma distribuidora de discos duplos. Os custos por hectare trabalhado incluem a realização da operação considerando estimativas da capacidade operacional, fonte de potência do trator e combustível gasto, desgaste do implemento e mão-de-obra. O somatório dos custos operacionais da aplicação de fertilizantes por hectare trabalhado foi de R\$177,77 para uma única aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N, com adicional de R\$ 21,70 a cada incremento de 50 kg ha⁻¹.

Os custos referentes aos animais totalizaram R\$ 110,95, e foram estimados levando em as vacinações anuais mais comuns como aftosa, carbúnculo sintomático, raiva e a aplicação de vermífugo (sendo a vermifugação efetuada duas vezes por ano, de acordo com o peso do

animal), totalizando R\$ 60,06. Foi estimada também a quantidade de sal mineral e sal branco gasto por cabeça no decorrer do 'cp' (como o peso médio dos animais durante o 'cp' foi de 309,5 kg, segundo a descrição do sal, estimou-se o consumo médio de 33 kg sal animal⁻¹.ano⁻¹), no total de R\$ 50,89.

Não se considerou os valores de depreciação da terra e das benfeitorias como cercas e cochos de água e sal, tal como os custos de oportunidade e o custo com mão de obra, considerando que esses valores são os mesmos para cada nível de N e aplicação ou não de água.

A margem líquida de ganho foi então calculada subtraindo da margem bruta de produção os custos envolvendo adubação e medicamentos dos animais. Após esses cálculos foi possível comparar a produção animal em cada dose de N no sistema de sequeiro.

A margem atual de ganho do IBGE foi estimada de acordo com os dados do Censo Agropecuário 2017. A metodologia utilizada foi a mesma empregada no cálculo da margem líquida de ganho.

Os dados obtidos do potencial de produção e dos ganhos alcançados com a adubação foram organizados e trabalhados no *Software ArcGis* 10.3. O programa possibilita a interpolação dos dados mediante um interpolador IDW que faz uso do modelo estatístico denominado "Inverso das Distâncias" como limite de variação. Após selecionar a variação da biomassa produzida (a cada 3000 kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹) foram elaborados mapas de zoneamento da produção forrageira para o estado de Minas Gerais. Esses mapas foram elaborados em função das doses de N no sistema de sequeiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 4 – Área do município e dos estabelecimentos rurais em hectare (ha)

Microrregião	Município	Área do município (ha)	Área dos estabelecimentos rurais (ha)	Área correspondente a estabelecimentos rurais (%)
Barbacena	Alfredo Vasconcelos	13080	7432	56,82
Barbacena	Antônio Carlos	52480	30242	57,63
Barbacena	Barbacena	75920	34731	45,75
Barbacena	Barroso	8210	3267	39,79
Barbacena	Capela Nova	11110	4709	42,39
Barbacena	Caranaíba	16000	7372	46,08
Barbacena	Carandaí	48570	26325	54,20
Barbacena	Desterro do Melo	14230	7321	51,45
Barbacena	Ibertioga	34620	20208	58,37
Barbacena	Ressaquinha	18460	10644	57,66
Barbacena	Santa Bárbara do Tugúrio	19460	13655	70,17
Barbacena	Senhora dos Remédios	23780	12815	53,89
Lavras	Carrancas	72782,2	37977	52,18
Lavras	Ijaci	10530	4419	41,97
Lavras	Ingaí	30560	21908	71,69
Lavras	Itumirim	23480	14296	60,89
Lavras	Itutinga	37250,8	21743	58,37
Lavras	Lavras	56450	36070	63,90
Lavras	Luminárias	49871,5	31008	62,19
Lavras	Nepomuceno	58203	42478	72,98
Lavras	Ribeirão Vermelho	4021	3182	79,15
São João del-Rei	Conceição da Barra de Minas	27300	16701	61,18

São João del-Rei	Coronel Xavier Chaves	14000	7099	50,71
São João del-Rei	Dores de Campos	12480	3849	30,85
São João del-Rei	Lagoa Dourada	47957,3	30003	62,56
São João del-Rei	Madre de Deus de Minas	49290	31265	63,43
São João del-Rei	Nazareno	32910	23593	71,69
São João del-Rei	Piedade do Rio Grande	32280	15163	46,98
São João del-Rei	Prados	26375	12746	48,33
São João del-Rei	Resende Costa	61831,2	35825	57,94
São João del-Rei	Ritápolis	40480,5	24205	59,79
São João del-Rei	Santana do Garambéu	20279,4	10652	52,53
São João del-Rei	São João del-Rei	146430	60800	41,52
São João del-Rei	São Tiago	57401,7	35443	61,74
São João del-Rei	Tiradentes	8304,7	2734	32,93
	Soma Total	1256388,3	701898	55,87
	Soma microrregião Barbacena	335920	178727	53,20
	Soma microrregião Lavras	343148,5	213085	62,09
	Soma microrregião São João del-Rei	577319,8	310085	53,71

Fonte: Do autor (2020).

A Tabela 4 destaca que a microrregião com maior área total de municípios na mesorregião Campos das Vertentes é a de São João del-Rei (577319,8 ha), sendo essa também a com maior área de propriedades rurais (310085 ha), sendo o município de São João del-Rei (60800,99 ha) o de maior área, seguida por Lavras (sendo 343148,5 ha a área total de municípios e 213085,7 ha a área de estabelecimentos rurais) e Barbacena (sendo 335920,00 ha a área total de municípios e 178727,1 ha a área de estabelecimentos rurais), respectivamente.

Tabela 5 – Área total de pastagens naturais e plantadas, em boas e más condições de conservação, em hectare (ha)

Microrregião	Município	Área total de pastagens	Área de pastagens naturais	Área de pastagens plantadas em boas condições	Área de pastagens plantadas mal conservadas
				----- ha -----	
Barbacena	Alfredo Vasconcelos	3289,06	1168	2120	0
Barbacena	Antônio Carlos	17830,60	13992	3439	398
Barbacena	Barbacena	18467,32	11903	5763	800
Barbacena	Barroso	2395,46	904	1490	0
Barbacena	Capela Nova	2477,25	1469	994	13
Barbacena	Caranaíba	4499,96	1862	2637	0
Barbacena	Carandaí	10175,23	6365	3394	415
Barbacena	Desterro do Melo	4740,47	4657	82	0
Barbacena	Ibertioga	13479,08	5960	7518	0
Barbacena	Ressaquinha	4838,31	2009	2367	461
Barbacena	Santa Bárbara do Tugúrio	9763,28	376	9326	60
Barbacena	Senhora dos Remédios	8276,60	4655	3398	222
Lavras	Carrancas	20223,80	6244	13763	216
Lavras	Ijaci	2267,76	560	1707	0
Lavras	Ingaí	9950,12	1473	8405	71
Lavras	Itumirim	8606,64	2434	6172	0

Lavras	Itutinga	13111,92	2436	10405	270
Lavras	Lavras	16864,24	6215	10110	538
Lavras	Luminárias	12837,22	5650	6891	295
Lavras	Nepomuceno	17504,91	6703	10499	302
Lavras	Ribeirão Vermelho	2027,92	603	1378	45
São João del-Rei	Conceição da Barra de Minas	11079,12	1234	7738	2106
São João del-Rei	Coronel Xavier Chaves	3510,26	540	2969	0
São João del-Rei	Dores de Campos	2011,90	671	1257	82
São João del-Rei	Lagoa Dourada	12390,84	4901	7032	457
São João del-Rei	Madre de Deus de Minas	10095,81	4986	5109	0
São João del-Rei	Nazareno	12689,01	6895	5304	489
São João del-Rei	Piedade do Rio Grande	9053,46	5013	4039	0
São João del-Rei	Prados	7488,23	2514	4662	311
São João del-Rei	Resende Costa	21334,50	5372	15817	143
São João del-Rei	Ritópolis	12900,54	1590	10769	540
São João del-Rei	Santana do Garambéu	5035,07	2093	2631	310
São João del-Rei	São João del-Rei	26965,38	11378	14937	649
São João del-Rei	São Tiago	23044,72	7325	15376	342
São João del-Rei	Tiradentes	1715,23	255	1436	23
	Soma Total	362941,37	142423	210949	9568

Soma microrregião Barbacena	100232,70	55327	42534	2371
Soma microrregião Lavras	103394,60	32322	69332	1739
Soma microrregião São João del-Rei	159314,10	54773	99082	5457

Fonte: Do autor (2020).

Em relação à área total de pastagens, a Tabela 5 evidencia que a microrregião de São João del-Rei (159314,1 ha) possui a maior área, sendo o município de São João del-Rei (26965,38 ha) o de maior área, seguida pelas microrregiões de Lavras (103394,6 ha) e Barbacena (100232,7 ha). Acerca da área de pastagens naturais, lidera a microrregião de Barbacena (55327,3 ha), seguida pelas microrregiões de São João del-Rei (54773,6 ha) e Lavras (32322,4 ha). O município de Antônio Carlos, pertencente à microrregião de Barbacena é o com maior área de pastagens naturais (13992,90 ha). A microrregião de São João del-Rei, com destaque para o município de Resende Costa, é a com maior área de pastagens plantadas em boas condições (99082,8 ha e 15817,76 ha, respectivamente), seguida pelas microrregiões de Lavras (69332,7 ha) e Barbacena (42534,3 ha). Acerca das pastagens plantadas mal conservadas, lidera a microrregião de São João del-Rei (5457,8 ha), sendo o município de Conceição da Barra de Minas o com maior área de pastagens plantadas em mal estado de conservação (2106,85 ha). O ranking completa-se com as microrregiões de Barbacena (2371,1 ha) e Lavras (1739,5 ha), respectivamente.

Existe uma diferença em relação a área de pastagens plantadas e naturais nos municípios, dentre elas, o nível de tecnificação das propriedades e em razão disso o potencial de produção pode ser maior e menor em uma ou outra região ou município.

Tabela 6 – Número de estabelecimentos rurais e que exercem a atividade pecuária

Microrregião	Município	Número de Estabelecimentos Rurais	Número de estabelecimentos na pecuária
Barbacena	Alfredo Vasconcelos	377	157
Barbacena	Antônio Carlos	444	329
Barbacena	Barbacena	1448	813
Barbacena	Barroso	136	112
Barbacena	Capela Nova	437	261
Barbacena	Caranaíba	222	197
Barbacena	Carandaí	697	425
Barbacena	Desterro do Melo	391	334
Barbacena	Ibertioga	238	227
Barbacena	Ressaquinha	363	195
Barbacena	Santa Bárbara do Tugúrio	526	372
Barbacena	Senhora dos Remédios	1100	799
Lavras	Carrancas	226	196
Lavras	Ijaci	122	102
Lavras	Ingaí	236	189
Lavras	Itumirim	348	298
Lavras	Itutinga	288	257
Lavras	Lavras	808	558
Lavras	Luminárias	276	237
Lavras	Nepomuceno	1532	627
Lavras	Ribeirão Vermelho	94	62
São João del-Rei	Conceição da Barra de Minas	302	265
São João del-Rei	Coronel Xavier Chaves	182	141

São João del-Rei	Dores de Campos	156	123
São João del-Rei	Lagoa Dourada	714	477
São João del-Rei	Madre de Deus de Minas	226	181
São João del-Rei	Nazareno	523	430
São João del-Rei	Piedade do Rio Grande	203	185
São João del-Rei	Prados	344	292
São João del-Rei	Resende Costa	935	756
São João del-Rei	Ritápolis	367	317
São João del-Rei	Santana do Garambéu	154	141
São João del-Rei	São João del-Rei	953	831
São João del-Rei	São Tiago	908	768
São João del-Rei	Tiradentes	103	85
	Soma Total	16379	11739
	Soma microrregião Barbacena	6379,0	4221,0
	Soma microrregião Lavras	3930,0	2526,0
	Soma microrregião São João del-Rei	6070,0	4992,0

Fonte: Do autor (2020).

A Tabela 6 destaca o número de estabelecimentos rurais, sendo a microrregião de Barbacena (6379) a com maior número, seguida pelas microrregiões de São João del-Rei (6070) e Lavras (3930), que conta com o município de maior número de estabelecimentos, Nepomuceno (1532). Acerca dos estabelecimentos que exercem a atividade pecuária, lidera a microrregião de São João del-Rei, com 4992 estabelecimentos, sendo o município de São João del-Rei o com maior número de estabelecimentos, com 831. Logo após seguem as microrregiões de Barbacena (4221) e Lavras (2526).

Tabela 7 – Potencial do rebanho bovino e lotação (cab mun⁻¹) em cada dose de N (kg)

Microrregião	Município	População bovina	Lotação (cabeças por município)				
			0	50	100	200	350
Barbacena	Alfredo Vasconcelos	4324	10234	11780	13332	16512	21163
Barbacena	Antônio Carlos	17372	55480	63863	72277	89514	114728
Barbacena	Barbacena	24602	57461	66144	74858	92711	118825
Barbacena	Barroso	2956	7453	8580	9710	12026	15413
Barbacena	Capela Nova	3765	7538	8673	9812	12145	15558
Barbacena	Caranaíba	6090	13693	15754	17823	22062	28261
Barbacena	Carandaí	13406	30961	35623	40301	49885	63904
Barbacena	Desterro do Melo	8007	14750	16979	19216	23798	30502
Barbacena	Ibertioga	15587	41940	48278	54638	67669	86729
Barbacena	Ressaquinha	6889	15054	17329	19612	24290	31131
Barbacena	Santa Bárbara do Tugúrio	12768	30378	34969	39576	49014	62820
Barbacena	Senhora dos Remédios	14059	25753	29644	33549	41551	53254
Lavras	Carrancas	20788	67285	76913	86575	106366	135320
Lavras	Ijaci	5200	7545	8625	9708	11927	15174
Lavras	Ingaí	16331	33104	37841	42595	52332	66578
Lavras	Itumirim	12521	28634	32732	36844	45266	57588
Lavras	Itutinga	15474	43624	49866	56130	68962	87734
Lavras	Lavras	25800	56108	64136	72193	88697	112841
Lavras	Luminárias	15336	37189	42756	48342	59787	76528
Lavras	Nepomuceno	21384	64792	73533	82302	100264	126547
Lavras	Ribeirão Vermelho	2945	7506	8519	9535	11616	14660
São João del-Rei	Conceição da Barra de Minas	13215	34210	39337	44481	55021	70439
São João del-Rei	Coronel Xavier Chaves	6437	10839	12463	14093	17433	22318
São João del-Rei	Dores de Campos	2392	6623	7558	8496	10417	13227
São João del-Rei	Lagoa Dourada	18371	40792	46547	52323	64153	81461

São João del-Rei	Madre de Deus de Minas	13869	31174	35846	40533	50138	64187
São João del-Rei	Nazareno	18050	42217	48258	54319	66737	84904
São João del-Rei	Piedade do Rio Grande	10087	27956	32145	36349	44962	57560
São João del-Rei	Prados	9589	23122	26587	30064	37188	47609
São João del-Rei	Resende Costa	21516	70235	80145	90089	110458	140259
São João del-Rei	Ritápolis	12544	39835	45804	51794	64067	82019
São João del-Rei	Santana do Garambéu	5349	14881	17174	19474	24187	31081
São João del-Rei	São João del-Rei	34403	83264	95742	108263	133916	171440
São João del-Rei	São Tiago	29244	81709	92679	103684	126225	159209
São João del-Rei	Tiradentes	2560	5296	6090	6886	8518	10905
	Soma Total	463230	1168637	1338909	1509774	1859816	2371877
	Soma microrregião Barbacena	129825	310695	357616	404703	501177	642288
	Soma microrregião Lavras	135779	345788	394921	444223	545217	692971
	Soma microrregião São João del-Rei	197626	512154	586373	660849	813422	1036618

Fonte: Do autor (2020).

Na Tabela 7 são demonstrados os valores da população bovina municipal. A microrregião de São João del-Rei (197626 cabeças) lidera, sendo a cidade de São João del-Rei a com maior número de cabeças (34403). Para todas as doses de N aplicadas (0, 50, 100, 200 e 350 kg de N ha⁻¹), a microrregião de São João del-Rei lidera em termos de lotação, sendo o município de São João del-Rei o de maior lotação em todas as doses. É possível notar também que com o incremento nas doses de N aplicadas, há, concomitantemente, um incremento na lotação.

Um estudo de Moreira et al., (2011) evidenciou que a adubação nitrogenada, em pasto formado com *U. decumbens* cv. Basilik, elevou linearmente a taxa de lotação da pastagem. A elevação da dose de N de 75 para 300 kg ha⁻¹ resultou em incremento de 3,6 para 5,3UA/ha e de 3,7 para 5,2UA ha⁻¹ no primeiro e segundo anos, respectivamente. Tais resultados são expressivos e evidenciam os efeitos da adubação nitrogenada na ampliação da produção forrageira da pastagem.

Tal superioridade da microrregião de São João del-Rei pode ser explicada pelas condições edafoclimáticas distintas das demais microrregiões. Como explica Costa (2016), o desenvolvimento do capim Marandu sofre influência do clima, de forma que ocorrem distinções entre as taxas de aparecimento, mortalidade e florescimento dos perfilhos, tal como das características estruturais do pasto ao longo das estações do ano.

O emprego do modelo elaborado por Lara (2011) possibilita trabalhar o potencial de produção de forragem da mesorregião, permitindo o planejamento operacional dos sistemas de produção animal de cada propriedade. A produção vegetal estimada possibilita ainda estimar os ganhos potenciais com a atividade em cada município. Esses modelos contribuem para melhor entendimento da conjuntura atual na mesorregião e as possíveis alternativas de utilização futura da forragem.

Apesar de o modelo auxiliar os pecuaristas e técnicos em um melhor entendimento do sistema de produção de forragem na região em que se insere sua propriedade, este ainda é simplista e não considera diversas características, como variações no pastejo ou até mesmo a fertilidade do solo, considerando que os níveis de fósforo no solo estariam adequados para a produção. De qualquer forma, existe a possibilidade de se utilizar o modelo para gerar dados acerca do risco da cultura e de investimentos, tal como estimar o retorno financeiro sobre o capital investido. Faz-se necessária a compreensão de que o sistema é dinâmico, e variações nos preços de produtos, por exemplo fertilizantes, ou no valor da @ do boi gordo podem incluir ou excluir cidades ou regiões de áreas entendidas como promissoras para a produção forrageira. Cidades situadas nas regiões limítrofes de produção são mais afetadas pelas variações no preço

dos produtos, ao passo que cidades situadas no centro de áreas bem estabelecidas com produção alta ou baixa contam com menor risco na tomada de decisão sobre o emprego de tecnologias ou métodos mais eficazes de produção.

Tabela 8 – Margem de lucro municipal em milhões de reais para cada dose de N (kg) e margem de lucro atual estimada pelo IBGE.

Microrregião	Município	Margem municipal em milhões de reais					Margem atual IBGE
		0 kg N	50 kg N	100 kg N	200 kg N	350 kg N	
Barbacena	Alfredo Vasconcelos	14,284	15,786	17,296	21,117	24,945	6,515
Barbacena	Antônio Carlos	77,437	85,581	93,768	114,483	135,235	26,174
Barbacena	Barbacena	80,202	88,637	97,116	118,571	140,065	37,068
Barbacena	Barroso	10,403	11,497	12,597	15,380	18,168	4,453
Barbacena	Capela Nova	10,521	11,610	12,706	15,486	18,256	5,672
Barbacena	Caranaíba	19,111	21,091	23,081	28,131	33,162	9,175
Barbacena	Carandaí	43,214	47,691	52,191	63,610	74,987	20,199
Barbacena	Desterro do Melo	20,587	22,752	24,929	30,436	35,954	12,064
Barbacena	Ibertioga	58,538	64,695	70,884	86,544	102,231	23,485
Barbacena	Ressaquinha	21,012	23,222	25,443	31,064	36,696	10,379
Barbacena	Santa Bárbara do Tugúrio	42,401	46,861	51,343	62,686	74,049	19,237
Barbacena	Senhora dos Remédios	35,944	39,725	43,525	53,140	62,773	2,1182
Lavras	Carrancas	93,914	103,319	112,769	136,801	160,636	31,321
Lavras	Ijaci	10,530	11,585	12,645	15,340	18,012	7,834
Lavras	Ingáí	46,205	50,833	55,482	67,306	79,033	24,606
Lavras	Itumirim	39,967	43,969	47,991	58,218	68,362	18,865
Lavras	Itutinga	60,888	66,986	73,113	88,694	104,147	23,314
Lavras	Lavras	78,313	86,155	94,036	114,076	133,952	38,873
Lavras	Luminárias	51,907	57,116	62,352	75,726	88,890	23,107
Lavras	Nepomuceno	90,434	99,142	107,891	130,192	152,187	32,219
Lavras	Ribeirão Vermelho	10,476	11,485	12,499	15,082	17,630	4,437
São João del-Rei	Conceição da Barra de Minas	47,749	52,695	57,665	70,274	82,846	19,911

São João del-Rei	Coronel Xavier Chaves	15,128	16,695	18,270	22,265	26,248	9,698
São João del-Rei	Dores de Campos	9,244	10,147	11,055	13,372	15,652	3,604
São João del-Rei	Lagoa Dourada	56,935	62,497	68,086	82,356	96,399	27,679
São João del-Rei	Madre de Deus de Minas	43,511	48,018	52,547	64,037	75,493	20,896
São João del-Rei	Nazareno	58,924	64,825	70,755	85,833	100,788	27,196
São João del-Rei	Piedade do Rio Grande	39,019	43,060	47,122	57,425	67,698	15,198
São João del-Rei	Prados	32,273	35,615	38,975	47,497	55,994	14,447
São João del-Rei	Resende Costa	98,031	107,608	117,231	141,800	165,979	32,418
São João del-Rei	Ritápolis	55,599	61,358	67,145	81,827	96,465	18,900
São João del-Rei	Santana do Garambéu	20,770	22,965	25,172	30,761	36,351	8,059
São João del-Rei	São João del-Rei	116,217	128,254	140,351	171,039	201,638	51,835
São João del-Rei	São Tiago	114,047	124,761	135,525	163,102	190,041	44,062
São João del-Rei	Tiradentes	7,392	8,158	8,927	10,879	12,825	3,857
	Soma Total	1,631bi	1,796bi	1,962bi	2,384bi	2,803bi	697,957
	Soma microrregião Barbacena	433,659	479,155	524,883	640,654	756,526	195,609
	Soma microrregião Lavras	482,639	530,594	578,782	701,439	822,854	204,580
	Soma microrregião São João del-Rei	714,849	786,662	858,833	1,042bi	1,224bi	297,767

Fonte: Do autor (2020).

Quanto à viabilidade econômica, podemos observar na Tabela 8 que a margem líquida de ganho, após estimados os custos de produção (adubação, medicamentos dos animais e a manutenção da atividade) e receita bruta (venda dos animais calculado em @ acumuladas no ciclo de produção), que esta é crescente conjuntamente à aplicação do adubo comercial nitrogenado até a dose máxima (350 kg de N ha⁻¹), alcançando nesta dose o máximo desempenho econômico. Tal margem, em todas as doses, supera a estimada de acordo com dados extraídos do Censo Agropecuário de 2017, realizado pelo IBGE. Contudo, em municípios cuja variação na pluviosidade ou temperatura influenciam de modo negativo a produção, essa adubação se torna inviável, sendo recomendada a aplicação de doses menores, entre 100 e 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

Acerca da adubação, o nitrogênio (N) é tido como o nutriente que mais limita a produção de massa seca de forragens, sendo que a deficiência de N está entre os principais fatores que levam à degradação do sistema. O nitrogênio, além de ter ação sobre a sustentabilidade da comunidade de plantas, torna-se o principal modulador da produtividade agrícola em um sistema de produção. Neste sentido, a adubação nitrogenada emerge como uma estratégia relevante para reduzir o período de utilização inicial do pasto e ainda entre os pastejos, além de ampliar a produção, a qualidade e a distribuição de forragem durante o período de crescimento da planta. Contudo, o emprego da adubação nitrogenada tem como consequência a elevação dos custos de produção, sendo indispensável estabelecer o nível de melhor eficiência desse nutriente em condições de pastejo (QUATRIN et al., 2015).

Tabela 9 – Acúmulo de forragem nos sistemas sequeiro e irrigado e diferença entre os acúmulos para cada dose de N (Kg.ano⁻¹ MS)

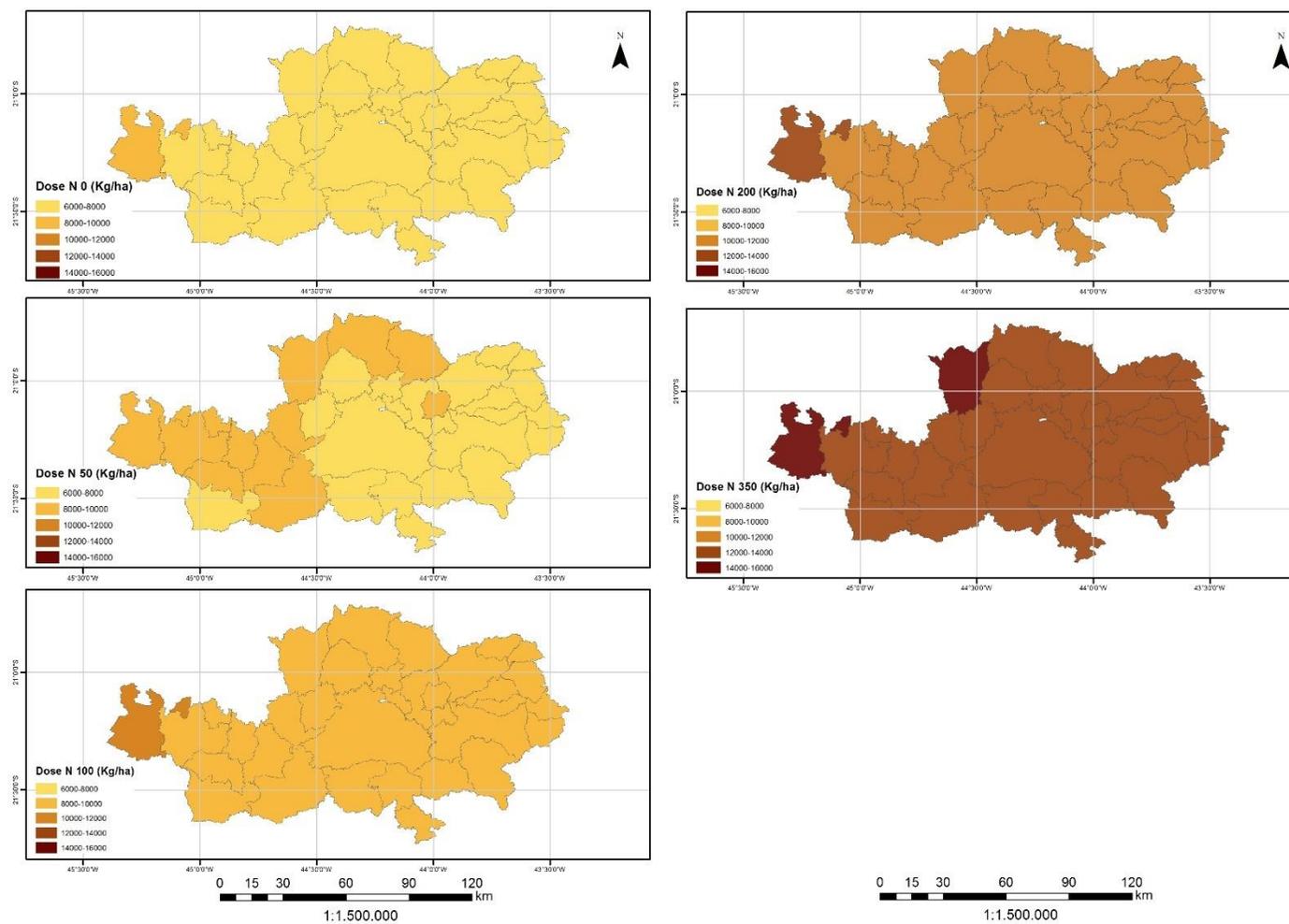
	0 kg N			50 kg N			100 kg N			200 kg N			350 kg N		
	AFI	AFS	AFI-AFS	AFI	AFS	AFI-AFS	AFI	AFS	AFI-AFS	AFI	AFS	AFI-AFS	AFI	AFS	AFI-AFS
Média microrregião Barbacena	6755,4	6750,1	5,3	7778,5	7769,2	9,3	8805,2	8791,9	13,3	10908,7	10887,3	13,5	13985,6	13952,2	33,4
Média microrregião Lavras	7349,0	7334,9	14,0	8395,5	8374,5	21,1	9445,7	9417,6	28,2	11597,1	11554,3	42,7	14744,4	14680,4	63,9
Média microrregião São João del-Rei	6918,1	6887,6	30,5	7946,2	7900,5	45,7	8977,8	8917,0	51,8	11091,6	10999,4	92,1	14183,3	14045,7	137,7

AFI = Acúmulo de forragem irrigado; AFS = Acúmulo de forragem sequeiro; AFI-AFS = Diferença entre o acúmulo de forragem irrigado e o acúmulo de forragem sequeiro.

Fonte: Do autor (2020)

Na Tabela 9 são apresentados os valores de acúmulo de forragem em kg de MS ano⁻¹ para os sistemas sequeiro e irrigado, além da diferença do acúmulo de forragem entre os dois sistemas. É possível notar que a diferença do acúmulo do sistema irrigado não foi representativa frente às pastagens no sistema de sequeiro. Por essa razão, neste trabalho foram detalhados apenas as estimativas para pastagens no sistema de sequeiro.

Figura 1 – Zoneamento da produção forrageira para a mesorregião Campos das Vertentes do estado de Minas Gerais e dose de N aplicada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$)



Fonte: Do autor (2020).

A Figura 1 demonstra a produção anual de forragem para cada dose de N aplicada ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Podemos observar que o incremento da dose aplicada de N leva ao aumento da produção anual de forragem em todas as regiões, com maior produção para a dose de 350 kg N ha^{-1} . Em algumas regiões foi necessária maior dose de N para incremento na produtividade, o que pode ser explicado por uma maior deficiência deste nutriente. Contudo, na grande maioria das áreas, tal aumento se dá proporcionalmente à produção anual de forragem sem a aplicação de N. O mapa apresentou uma região com produção superior as demais na maioria das doses, o que pode ser explicado por condições edafoclimáticas mais favoráveis à produção anual de forragem.

A produtividade e a perenidade da pastagem são consequências da sua capacidade de reconstituição de nova área foliar, posteriormente situações de corte ou pastejo. Tal capacidade relaciona-se estritamente às condições ambientais, como temperatura, luminosidade, umidade e fertilidade do solo, bem como às características genéticas da planta forrageira, ao manejo da pastagem e à idade fisiológica da planta. As condições ambientais, juntamente ao estado nutricional das plantas e à idade de crescimento, são fatores determinantes no processo de formação e manutenção dos tecidos vegetais e, como consequência, da constituição da área foliar (SANTOS JUNIOR et al., 2004).

5 CONCLUSÃO

O modelo de produção possibilita estimar o potencial de produção forrageira dentro da mesorregião e auxilia técnicos e pecuaristas na tomada de decisão sobre estratégias de produção em cada propriedade e ainda estimar os ganhos potenciais com a atividade em cada município. Esses modelos contribuem para melhor entendimento da conjuntura atual na mesorregião e as possíveis alternativas de utilização futura da forragem. Contudo, tal modelo é simplista e não considera características importantes da produção. De qualquer forma, existe a possibilidade de se utilizar o modelo para gerar dados acerca do risco da cultura e de investimentos, tal como estimar o retorno financeiro sobre o capital investido.

A margem líquida de ganho, na mesorregião Campos das Vertentes, cresce conjuntamente à aplicação de nitrogênio, alcançando na dose de 350 kg de N ha⁻¹ o máximo desempenho econômico. Contudo, em municípios cuja variação na pluviosidade ou temperatura influenciam de modo negativo a produção, essa adubação se torna inviável, sendo recomendada a aplicação de doses menores, entre 100 e 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, F. B. P. *et al.* Modelo matemático para estimativa da produtividade de biomassa e grãos de aveia. **Biomatemática**, Campinas, SP, v. 27, ed. 1, p. 75-88, 2017. Disponível em: http://www.ime.unicamp.br/~biomat/bio27_art6.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo, SP: ABIEC, 2019. 49 p.
- CAMARÃO, A.P.; FILHO, A.P.S.S. **Documentos 211. Limitações e Potencialidades do capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu (A. Rich) Stapf) para a Amazônia**. EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ISSN 1517- 2201, p.11. 2005.
- CARDOSO, R. E. **Adubação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú já implantada com diferentes fontes e doses de nitrogênio**. 2019. 39 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO, 2019. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcdursos/uploads/anexos_10/2019-11-20-11-47-54Robson%20E%20Cardoso%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20final%20revisada.pdf. Acesso em: 14 abr. 2020.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.1 – Brasília : Conab, 2013- v.**
- COSTA, L. K. P. **Estrutura e dinâmica de perfilhamento do Capim-Marandu com alturas variáveis no inverno**. 2016. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/195903702.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2019**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2019.
- FEITOSA, T. S. **Respostas agronômicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça em função do suprimento de nitrogênio e água**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12275/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Respostas%20agron%C3%B4micas%20de%20Brachiaria%20brizantha%20cv.%20Marandu%20e%20Panicum%20maximum%20cv.%20Momba%C3%A7a%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20do%20suprimento%20de%20nitrog%C3%AAnio%20e%20%C3%A1gua.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020.
- GERMANO, L. H. E. *et al.* PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE *Brachiaria brizantha* cv. PAIAGUÁS SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO SOB CORTES. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, SP, v. 75, p. 1-14, 2018. Disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/1566/1439>. Acesso em: 13 abr. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário: Resultados definitivos**. IBGE, Rio de Janeiro – RJ, 2017, 109 p.

LARA, M. A. S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* ssp. Sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e do fotoperíodo: adaptação do modelo CROPGRO.** 213 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

MANTAI, R., et al. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:343–349, 2015.

MOREIRA, L. M. *et al.* Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v. 63, ed. 4, p. 914-921, 2011.

NUNES, S. G. et al. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Campo Grande, MT: Embrapa, 1984. 31 p. (Embrapa Gado de Corte, Documento 21).

QUATRIN, M. P. *et al.* Efeito da adubação nitrogenada na produção de forragem, teor de proteína bruta e taxa de lotação em pastagens de Azevém. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, SP, v. 72, ed. 1, p. 21-26, 2015.

RESENDE, O. *et al.* Modelagem matemática da secagem do café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiros de concreto e híbrido. In VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, p. 1–6, 2011, Araxá-MG.

RODRIGUES, D. C. **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria Brizantha* (Hochst. ex A Rich.) Stapf e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas.** 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciência animal e pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-11112004-161221/publico/daniel.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SANTOS JUNIOR, J. D. G. *et al.* Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, ed. 6, p. 1985-1991, 2004.

SILVA, A. M. et al. Conjuntura da pecuária leiteira no Brasil. **Nutri Time**, [s. l.], v. 14, ed. 1, p. 4954-4958, Jan/fev 2017. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_410.pdf. Acesso em: 8 abr. 2020.

SILVA FILHO, A. S. *et al.* Desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv. marandu submetido a diferentes doses de ureia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, [s. l.], v. 8, ed. 1, p. 172-188, Jan/mar 2014. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/121/2144>. Acesso em: 13 abr. 2020.

SOUSA, C. C. de. **PREVISÃO DE MASSA SECA DE *Brachiaria brizantha* E GANHO DE PESO POR BOVINOS.** 2018. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP, 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154061/sousa_cc_dr_jabo.pdf?sequence=5. Acesso em: 17 abr. 2020.

TONATO, F. et al. **Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.45, n.5, p.522-529, maio 2010.

VALLE, C.B.; MACEDO, M.CM.; EUCLIDES, V.P.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. Gênero Brachiaria. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas Forrageiras.** Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 30-77.