

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**

**LAILA CECÍLIA RAMOS BENDIA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE  
MILHO PARA A ENSILAGEM**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2018**

**LAILA CECÍLIA RAMOS BENDIA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE  
MILHO PARA A ENSILAGEM**

**Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Ciência Animal na área de Concentração, de Produção, Reprodução e Saúde Animal**

**Orientador: Professor Ricardo Augusto Mendonça Vieira**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2018**

B458 Bendia, Laila Cecília Ramos.

Avaliação nutricional de híbridos de milho para a ensilagem / Laila Cecília Ramos Bendia. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

60 f. : il.

Bibliografia: f. 52 – 59.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Área de Concentração: Produção, Reprodução e Saúde Animal.

Orientador: Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

1. Rendimento Forrageiro. 2. Fatores Ambientais. 3. Híbridos de Milho – Seleção. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 633.15

LAILA CECÍLIA RAMOS BENDIA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE MILHO  
PARA A ENSILAGEM**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Ciência Animal, na área de concentração Produção, Reprodução e Saúde Animal

Aprovada em 23 de fevereiro de 2018

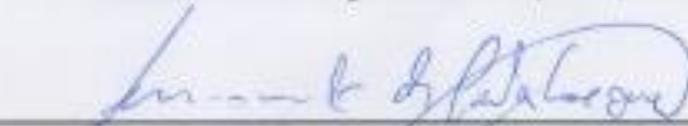
**BANCA EXAMINADORA**



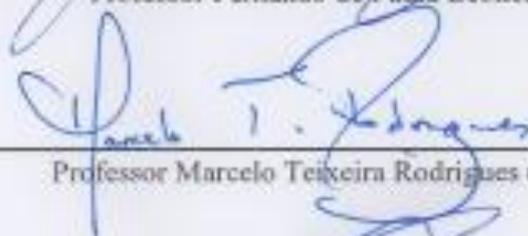
Dr. Raphael dos Santos Gomes (D. Sc., Ciência Animal) – UENF



Professor Alberto Magno Fernandes (D. Sc., Zootecnia) – UENF



Professor Fernando de Paula Leonel (D. Sc., Zootecnia) - UFSJ



Professor Marcelo Teixeira Rodrigues (Ph. D., Dairy Science) – UFV



Professor Ricardo Augusto Mendonça Vieira (D. Sc., Zootecnia) – UENF

(Orientador)

**À minha família dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder a graça de realizar este doutorado;

À minha família por estar sempre ao meu lado me apoiando e incentivando;

A Cassiano pelo apoio, compreensão e carinho incondicional;

Ao meu orientador Ricardo pelo aprendizado e pela confiança;

Ao professor Messias Gonzaga Pereira do Programa de Genética e Melhoramento de Plantas da UENF pela parceria;

Aos professores Alberto Magno, Marcelo Teixeira e Fernando Leonel e ao doutor Raphael Gomes pelas sugestões e contribuição na elaboração desta tese;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida;

A Flávio Henrique e Jocarla pela parceria e fundamental ajuda na condução deste experimento;

Ao Técnico Agrícola Geraldo de Carvalho e ao Engenheiro Agrônomo Leandro Hespanhol e aos funcionários de campo pelo grande auxílio nas atividades durante as etapas do experimento;

Aos funcionários Alcir Manhães da Silva, Robson Alves de Carvalho e Almir Ribeiro Carvalho Júnior;

Às funcionárias do programa de Pós-graduação em Ciência Animal Jovana e Conceição.

A Karla e Raphael pela amizade, pela ajuda, pelas conversas e conselhos;

Aos colegas de equipe Jhone Gleison, Marcelo, Nardele, Davi, Daniel, Antônio Paulo e Sarah pela ajuda na realização deste experimento;

Às amigas de longa data Elizabeth e Natália.

MUITO OBRIGADA!

## RESUMO

**BENDIA, Laila Cecília Ramos Bendia, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2018, Avaliação nutricional de híbridos de milho para a ensilagem. Orientador: Ricardo Augusto Mendonça Vieira.**

Objetivou-se com o presente trabalho selecionar híbridos de milho de maior valor nutricional para ensilagem. Os híbridos de milho foram avaliados em relação ao potencial forrageiro e à composição nutricional em dois locais simultaneamente e por três anos consecutivos. O arranjo experimental foi o de Blocos ao acaso, sendo que no primeiro e segundo ano foram avaliados 19 híbridos experimentais e 5 testemunhas e no terceiro ano 8 híbridos experimentais e 7 testemunhas. Para a análise estatística da composição nutricional a função de densidade de probabilidade utilizada foi a distribuição Beta. Tanto para as concentrações dos componentes nutricionais como para as análises de rendimento forrageiro o procedimento GLIMMIX do SAS foi utilizado para ajustar os modelos aos dados. Os ajustes dos modelos permitiram estudar o efeito dos fatores principais híbrido, local e ano, bem como as interações entre estes fatores sobre as proporções relativas à composição química e de rendimento forrageiro de cada híbrido estudado. As variáveis avaliadas apresentaram diferenças estatísticas entre híbridos, locais e anos, bem como para as interações entre estes fatores. O teor de matéria seca, rendimento forrageiro, produção da parte vegetativa e produção de matéria orgânica fibrosa sofreram efeito da interação tripla híbrido×local×ano. Teor de proteína bruta, matéria mineral e produção de lignina por área sofreram a influência da interação dupla local×ano. A produção de matéria seca da parte vegetativa, produção de lignina e proporção de grãos na massa de forragem sofreram influência da interação híbrido×ano. Não foi observada interação híbrido×local. As demais variáveis estudadas sofreram efeito apenas dos fatores principais. Tanto a produção como a composição nutricional do milho sofrem influência do ambiente de crescimento, de modo que, as interações observadas podem ter ocorrido devido a diferenças nas condições ambientais de crescimento entre locais e anos gerando respostas diferentes dos híbridos. A presença de interações duplas e triplas significativas implica em variabilidade entre os híbridos, o que sugere a necessidade de se avaliar os mesmos por mais anos em mais locais, a fim de se selecionar os de maior rendimento e qualidade nutricional para a ensilagem.

**Palavras-chave:** rendimento forrageiro, fatores ambientais, seleção.

## ABSTRACT

**BENDIA, Laila Cecília Ramos Bendia, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February of 2018. Nutritional evaluation of corn hybrids for silage. Advisor: Ricardo Augusto Mendonça Vieira.**

The aim of this study was to select maize hybrids of higher nutritional value for silage. The maize hybrids were evaluated in relation to forage potential and nutritional composition in two places simultaneously and for three consecutive years. The field study was arranged as a randomized complete block design, and in the first and second year 19 experimental hybrids and 5 witnesses were evaluated and in the third year 8 experimental hybrids and 7 witnesses. For the statistical analysis of the nutritional composition, the probability density function used was the Beta distribution. For both nutrient component concentrations and forage yield analyzes the SAS GLIMMIX procedure was used to fit the models to the data. The fit of the models allowed to study the effect of the main factors hybrid, place and year, as well as the interactions between these factors on the proportions relative to the chemical composition and forage yield of each hybrid studied. The evaluated variables presented statistical differences between hybrids, places and years, as well as for the interactions between these factors. The dry matter content, forage yield, production of the vegetative part and the production of fibrous organic matter were affected by the hybrid  $\times$  local  $\times$  year interaction. Crude protein, mineral matter and lignin production by area were influenced by local  $\times$  year interaction. The dry matter production of the vegetative part, lignin production and proportion of grains in the forage mass were influenced by the hybrid  $\times$  year interaction. No local hybrid interaction was observed. The other variables studied were affected only by the main factors. Both the production and the nutritional composition of maize are influenced by the growth environment, so that the observed interactions may have occurred due to differences in the environmental conditions of growth between places and years generating different responses of hybrids. The presence of significant double and triple interactions implies variability among the hybrids, which suggests the need to evaluate them for more years in more locations, in order to select those with higher yield and nutritional quality for silage.

**Keywords:** forage yield, environmental factors, selection.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. OBJETIVO</b> .....	10
3.1. A PLANTA DE MILHO.....	11
3.2. SELEÇÃO DE HÍBRIDO DE MILHO PARA SILAGEM.....	13
3.3. FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM O VALOR NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DO MILHO.....	15
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
4.1 LOCAL.....	19
4.2. OBTENÇÃO DOS HÍBRIDOS <i>TOPCROSSES</i> .....	19
4.3. EXPERIMENTO NO CAMPO.....	19
4.4. COLHEITA E PREPARO DAS AMOSTRAS.....	22
4.5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	22
4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
<b>5. RESULTADOS</b> .....	26
5.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	26
5.3. RENDIMENTO FORRAGEIRO.....	33
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	44
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	52
<b>8. REFERÊNCIAS</b> .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

Nos países tropicais, principalmente em regiões em que há escassez de alimentos na estação seca, com a intensificação dos sistemas de produção, tanto na pecuária de corte como de leite, a utilização de forragem de qualidade durante o ano todo passou a ser um importante componente dos sistemas produtivos. Uma alternativa para a obtenção de alimento durante o ano todo é a conservação do mesmo por meio da ensilagem. No Brasil, a silagem é utilizada tanto para fazer a suplementação das pastagens durante a estação seca como para ser o principal volumoso, disponibilizado durante o ano todo para animais criados em sistemas intensivos, sendo o milho a principal forrageira utilizada na confecção da silagem em propriedades produtoras de leite (BERNARDES e RÊGO, 2013).

O mercado atual disponibiliza uma grande diversidade de milhos com características específicas para atender os requerimentos regionais, levando em consideração as condições ambientais, o tipo de solo, a produtividade esperada, e a resistência a pragas e doenças. No entanto, apesar de sua grande utilidade como fonte de alimento volumoso para ruminantes, existe limitada informação nutricional dos milhos disponíveis no mercado brasileiro.

Tradicionalmente o milho recomendado para a ensilagem é o mesmo para a produção de grãos, mas, a produção de grãos pouco diz sobre o valor nutricional da planta de milho, o que levantou o questionamento se a melhor variedade de milho para grão também era a melhor para forragem (BUNTING, 1975; HUNTER, 1978). Resultados de pesquisa indicam que existe variabilidade no valor nutricional entre milhos de igual conteúdo de grãos e que produção de grãos não é um bom indicador do rendimento forrageiro (HUNTER, 1978; HUNT et al., 1993; FAIREY, 1980; VATTIKONDA e HUNTER, 1983). Esses resultados de pesquisa indicam a necessidade de conduzir testes separados para avaliar o potencial de produção de grãos e o potencial forrageiro do milho.

O ambiente onde a planta cresce coletivamente inclui fatores bióticos e abióticos que influenciam no crescimento, e na qualidade da forragem. Plantas raramente crescem em condições ambientais ideais no campo. O desenvolvimento do milho pode variar entre ambientes, o que requer avaliação sobre essa variabilidade regional (clima, solo e outros), onde é provável que um conjunto de híbridos seja adaptado. Para avaliar a estabilidade dos genótipos, o ambiente pode ser amostrado avaliando forragens em diferentes anos,

locais, ou períodos dentro de um ano na região onde se propõem cultivar o milho (ALLARD e BRADSHAW, 1964; BUXTON e CLASER, 1993).

A falta de programa específico para a seleção de híbridos de milho para a ensilagem e o fato de que o ambiente interage com o genótipo enfatizam a necessidade de se avaliar e selecionar híbridos de milho adaptados a cada região de cultivo.

## **2. OBJETIVO**

Assim, objetivou-se com o presente trabalho selecionar híbridos de milho de maior valor nutricional para ensilagem

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. A PLANTA DE MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual que pertence à família Poaceae, de porte robusto e ereto. Possui caule tipo colmo, folhas largas, planas e pontiagudas, com alta capacidade fotossintética, conseqüentemente, alta produção de biomassa (BULL e CANTERELLA, 1993; FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). O milho é uma espécie monoica, apresentando, na mesma planta, os dois sexos separados em diferentes inflorescências. As flores masculinas localizam-se na panícula terminal, conhecida como pendão, e as flores femininas, em espigas auxiliares. A espiga é constituída por um eixo ou ráquis, local onde se desenvolvem centenas de ovários, cada um com um saco embrionário (MAGALHÃES, 2002).

Com relação ao seu crescimento e desenvolvimento, este é dividido em várias sequências de estádios, da emergência das plântulas à maturação fisiológica dos grãos, o que permite um melhor entendimento das necessidades da planta, a sensibilidade da cultura às condições de ambiente e seus períodos críticos à ocorrência de estresses (FANCELLI, 1986).

A cultura do milho necessita que os fatores climáticos, especialmente a temperatura, precipitação pluviométrica e radiação solar atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo, sendo o período de crescimento e desenvolvimento da planta de milho limitado pela disponibilidade destes fatores.

A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30°C, sendo a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, em torno de 600 mm. O milho é uma planta do grupo  $C_4$ , altamente eficiente na utilização de luz, de modo que, a redução da intensidade luminosa pode diminuir sua produção. Com relação ao fotoperíodo, o milho é considerado uma planta de dias curtos, embora algumas cultivares tenham pouca ou nenhuma sensibilidade às variações do fotoperíodo (CRUZ et al., 2006).

A planta de milho precisa acumular quantidades distintas de energia ou simplesmente unidades calóricas (GRAUS DIA, GD), a cada etapa de crescimento e desenvolvimento. As cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a 890-1200 GD, as precoces, de 831-890 e as superprecoces, de 780-830 GD. Essas

exigências calóricas se referem ao comprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização (CRUZ et al., 2006).

A planta de milho é composta por várias partes e tecidos que diferem em estrutura física, composição química e digestibilidade (DEINUM e STRUIK, 1989). Sua composição química pode diferir em função das unidades calóricas acumuladas e da temperatura na época de cultivo (SNIFFEN et al., 1992). Morfologicamente o milho pode ser dividido em colmo, folhas, palha, sabugo e grãos, e essas proporções diferem entre híbridos (VERBIC et al., 1995).

A composição nutricional da planta inteira é variável entre híbridos de milho avaliados para a produção de silagem. Valores, com base na matéria seca (MS) variando de 5,7 a 8,22 para teor de proteína bruta (PB); 58,13 a 63,39 para o teor de fibra detergente neutro (FDN); 28,89 a 31,75 para o teor de fibra detergente ácido (FDA), foram observados por Almeida Filho et al. (1999). Para híbridos franceses, os valores observados na MS foram, de 7,09 a 8,23 para PB; 38,41 a 41,46 para FDN e 2,69 a 3,12 para lignina (ARGILLIER et al., 1998).

Diferente de outras plantas forrageiras, a parede celular do milho, como percentagem da FDN, apresenta menor teor de celulose e maior relação hemicelulose:celulose, e sofre pouca modificação com a idade, mais constante com o avanço da maturidade fisiológica. O grau de lignificação da parede celular da planta permanece quase constante, devido ao efeito de diluição do grão (ANDRIEU et al., 1993).

Com o avançar da maturidade fisiológica o conteúdo de MS aumenta, principalmente devido ao relativo aumento no conteúdo de grãos. O desenvolvimento dos grãos resulta da formação do amido a partir de carboidratos solúveis sintetizados após o florescimento ou que foram inicialmente estocados, principalmente, no caule. Como consequência, ocorre uma redução no valor nutricional da parte vegetativa do milho em detrimento do desenvolvimento da parte reprodutiva. A menor digestibilidade da palhada do milho é compensada pelo desenvolvimento de grão de milho altamente digestível e rico em energia (DEMARQUILLY et al., 1969).

Com relação ao grão de milho este é composto por três principais partes: pericarpo, endosperma e o gérmen ou embrião. O endosperma é a estrutura morfológica que contém o amido, por essa razão, exerce grande importância na determinação do valor nutricional do milho, sendo comum a classificação do milho em função das características do endosperma.

O endosperma é constituído aproximadamente de 86% de amido, 10% de proteína e pequenas quantidades de minerais e lipídeos (FORNASIERI FILHO, 1992). O arranjo e a constituição dos dois principais constituintes do endosperma, amido e proteína, estão relacionados com a textura do grão. A textura é uma característica que define o grau de vitreosidade (dureza) do grão, o qual é determinado pela proporção entre endosperma vítreo e farináceo em relação ao endosperma total.

A vitreosidade do grão é usada como um fator de graduação para determinar o tipo de grão, podendo o grão ser classificado em duro, semiduro, dentado e semidentado com base na sua vitreosidade, podendo também referir-se a variações quantitativas dentro e entre essas classes qualitativas (MORRIS, 2002).

Diferenças na vitreosidade do grão têm sido observadas entre variedades de milho duro e dentado (PHILLIPEAU et al., 1999). Aumento na vitreosidade do grão tem sido correlacionado com decréscimo na degradabilidade ruminal do amido *in situ* (MICHALET-DOREAU e CHAMPION, 1995; PHILIPPEAU, e MICHALET-DOREAU, 1998; PHILLIPEAU et al., 1999; CORREA et al., 2002).

No Brasil a maioria das cultivares apresenta origem do endosperma duro, sendo o menor valor médio de vitreosidade (64,2%) observado para cinco variedades de milho cultivadas no Brasil, que foi maior do que o maior valor médio de vitreosidade (62,3%) observado para 14 variedades de milho cultivadas nos Estados Unidos (CORREA et al., 2002).

A alta correlação entre vitreosidade e degradabilidade ruminal do amido (CORREA et al., 2002), demonstra uma relação interessante que pode ser explorada na seleção de híbridos para a produção de silagem de milho com maior valor nutritivo para os ruminantes.

### 3.2. SELEÇÃO DE HÍBRIDO DE MILHO PARA SILAGEM

Tradicionalmente, centros de pesquisa e empresas de sementes têm concentrado seus esforços em aumentar a produção de grãos e avaliações relacionadas, com poucos ou nenhum programa de seleção específico de milho para a silagem. A falta de programas de melhoramento específicos para milho forrageiro não reflete uma falta de interesse, mas

recai sobre uma aceitação geral de que os objetivos de seleção de um bom milho forrageiro são realizados por meio de seleção em performances para produção de grão (HUNTER, 1978).

A crença de que o melhor híbrido para produção de grãos também são os mais adequados para uso como silagem, principalmente porque o grão é a parte mais digestível da planta de milho, que fez com que os híbridos de milho selecionados para produção de grãos também fossem os mesmos indicados para a produção de silagem.

A importância do alto conteúdo de grãos como responsável pela produção e qualidade do milho e o uso restrito de programas de melhoramento e avaliações de milho para grão, na crença que a melhor variedade de milho para grão também era a melhor para forragem passou a ser questionada (BUNTING, 1975; HUNTER, 1978). Hunter (1978) constatou a existência de uma variação genotípica para qualidade da planta, expressa pelo consumo de matéria seca (MS) e pela digestibilidade da forragem. Esses valores foram independentes da proporção de grãos na MS da planta, o que se deduz que a porção forrageira deva contribuir significativamente com a qualidade da silagem. Resultados experimentais indicam que uma grande diferença no valor nutritivo da silagem de milho pode existir entre híbridos de similar conteúdo de grãos (HUNT et al., 1993).

A necessidade de conduzir testes separados para avaliar o potencial de produção de grãos e potencial de produção da planta inteira de híbridos de milho tem se tornado cada vez mais evidente e necessária, uma vez que, apesar de híbridos selecionados para produção de grãos permitam a obtenção de uma boa silagem, os melhores híbridos de milho para produção de grãos não necessariamente serão os de maior potencial forrageiro (FAIREY, 1980; VATTIKONDA e HUNTER, 1983), podendo apresentar uma produção de forragem 10% menor que híbrido de maior produção forrageira (VATTIKONDA e HUNTER, 1983), e a produção de grãos, não é necessariamente, um bom preditor do conteúdo de energia metabolizável (EM) da silagem de milho, principalmente quando se observa grande variabilidade na digestibilidade da parte vegetativa (MILLNER et al., 2005).

Diferenças significativas para a produção de matéria seca e qualidade da planta de milho não são adequadamente previstas a partir de avaliações de milho para grãos (VATTIKONDA E HUNTER, 1983). O conteúdo de grão explica menos do que 40% da variação genética observada para a digestibilidade da matéria orgânica, de modo que, o conteúdo de grão não seria um preditor satisfatório do valor nutricional do milho quando

usado como único determinante da qualidade do mesmo (BARRIÉRE et al., 1992). Trabalhos de pesquisa demonstram que a qualidade da planta inteira de milho apresenta maior correlação com a qualidade nutricional da parte vegetativa do que com a produção de grãos (WOLF et al., 1993a; WOLF et al., 1993b).

Na literatura é possível observar diferenças entre híbridos relacionadas a produção da planta inteira (HUNT et al., 1992; ROTH, 1994), percentagem de grãos (JOHNSON, 1985; HUNT et al., 1992), teor de proteína bruta (JOHNSON, 1985; ROTH, 1994; XU et al., 1995 e THOMAS et al., 2001), fibra (JOHNSON, 1985; HUNT et al., 1992; HUNT et al., 1993 e XU et al., 1995) e digestibilidade *in vitro* (JOHNSON, 1985; HUNT et al., 1993; ROTH, 1994; XU et al., 1995 e THOMAS et al., 2001), e produção de matéria seca (VATTIKONDA E HUNTER, 1983), o que possibilita antever a possibilidade de obtenção de ganhos com a seleção.

Na seleção de híbridos de milho para ensilagem se busca melhorar seu valor nutricional sem afetar seu desempenho agrônomico. A falta de correlação entre acamamento, uma avaliação agrônômica, e os teores de fibra e lignina na parte vegetativa da planta de milho indica que melhorias na qualidade do milho podem provavelmente ser realizadas sem sacrificar a resistência ao acamamento (WOLF et al., 1993b).

Uma vez que, a interação entre métodos de ensilagem e o genótipo do milho não se mostrou significativo para avaliações de qualidade, a seleção de híbridos de milho de maior valor nutricional para ensilagem pode ser realizada com base na planta inteira não ensilada (HUNT et al., 1993).

### 3.3. FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM O VALOR NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DO MILHO

Durante seu crescimento e desenvolvimento as plantas experimentam flutuações nas condições ambientais e estresses que modificam a morfologia e a taxa de desenvolvimento, o que limita a produção e altera sua qualidade. No entanto, condições outras que não sejam ótimas para o seu crescimento, permitem identificar e investigar os atributos de um genótipo, sua eficiência e tolerância a condições subótimas e superótimas. A planta é o principal indicador das condições ambientais (ALLARD e BRADSHAW, 1964).

O valor nutritivo de uma forrageira é primeiramente determinado pela sua composição, que por sua vez, é o resultado da distribuição dos recursos fotossintéticos nos diferentes tecidos vegetais, incluindo conteúdo celular e parede celular (VAN SOEST, 199). A parede celular é responsável por 40 a 80% da matéria orgânica das forragens e sua digestibilidade varia grandemente dependendo da sua composição e estrutura; o conteúdo celular é praticamente totalmente digestível (MOORE e HATFIELD, 1994). Então, qualquer fator que influencie a distribuição dos recursos fotossintéticos ou interações entre estes fatores irá afetar a qualidade da forragem.

Nenhum fator afeta a qualidade da forragem mais do que a maturidade, no entanto, o ambiente modifica o impacto da maturidade. Ano, estação e variações no ambiente, relacionado a uma localização geográfica, alteram a qualidade da forragem, mesmo quando as forragens são colhidas em estágio fisiológico similar (BUXTON et al, 1995).

Dentre os fatores relacionados ao ambiente que afetam a composição da forragem e, conseqüentemente sua qualidade, pode citar a temperatura, radiação solar, disponibilidade de água, fertilização e solo, seguidos por doenças e outros fatores estressantes (VAN SOEST, 1994). O ambiente frequentemente exerce sua maior influência sobre a qualidade da forragem alterando a relação folha:colmo, mas também causa outras alterações morfológicas e mudanças na composição química de partes das plantas (BUXTON e FALES, 1994).

Em geral, a temperatura tem maior influência sobre a qualidade da forragem do que os outros fatores ambientais. O efeito da temperatura sobre os processos bioquímicos surge do fato que a temperatura determina a energia cinética das moléculas, que por sua vez determinam se uma reação irá ocorrer ou não (BUXTON e FALES, 1994).

A temperatura ótima para gramíneas temperadas está em torno de 20 °C e para gramíneas tropicais entre 30 a 35 °C (BUXTON et al., 1995). Aumento na temperatura do subótimo para ótimo não só causa um aumento na taxa de maturação com o tempo, mas também causa uma rápida conversão de carboidratos solúveis em polissacarídeos estruturais (BUXTON e CLASER, 1993). Altas temperaturas promovem uma atividade metabólica mais rápida, que decresce o pool de metabólitos no conteúdo celular. Esta atividade decresce os teores de nitrato, proteína e carboidratos solúveis e aumenta os componentes da parede celular, como aumento da lignificação da mesma (VAN SOEST, 1994). Quando a temperaturas está abaixo do ótimo para crescimento, açúcares solúveis acumulam porque a fotossíntese é menos sensível a baixas temperaturas do que o crescimento (NELSON e MOSER, 1993).

Struik et al., (1985), observaram que altas temperaturas reduzem a produção de parede celular e podem decrescer a digestibilidade da parede celular em 50%. Regimes de temperaturas de 24 a 30 °C resultaram em decréscimo na espessura da parede celular, diâmetro da célula e produção de parede celular, mas aumentaram a concentração de parede celular e dobraram o conteúdo de lignina e decresceram a digestibilidade de plantas de milho comparados com plantas de milho crescendo sob baixo regime de temperatura de 12 a 18 °C (CONE e ENGELS et al., 1990). Temperatura também influencia na composição química e quantidade e tipo de compostos fenólicos na parede celular (CONE e ENGELS et al., 1990).

Por outro lado, o aumento na incidência de luz diminui a concentração dos componentes da parede celular por meio da diluição realizada pelos carboidratos não fibrosos, aminoácidos e ácidos orgânicos formados (VAN SOEST, 1994). Todavia, temperatura apresenta um efeito mais pronunciado sobre a qualidade da forragem do que radiação solar (NELSON e MOSER, 1993)

Tanto o excesso como a falta de água podem induzir uma condição de estresse nas forrageiras limitando sua produção. No entanto, a seca é mais comum do que o excesso de umidade no solo. Por outro lado, esta pode ser facilmente revertida com a irrigação. A taxa fotossintética é geralmente menos afetada pela seca do que as taxas de respiração e crescimento, causando um aumento geral na concentração de carboidratos não fibrosos, decréscimo na quantidade de carbono incorporado na parede celular, logo menor concentração de FDN, atraso na maturação e desenvolvimento do colmo, portanto, apresenta menor efeito sobre a qualidade do que o crescimento e desenvolvimento, sendo a maioria dos efeitos sobre a qualidade positivos (BUXTON e FALES, 1993).

Em ano de menor precipitação pluviométrica, onde as plantas passam por estresse hídrico, a qualidade da planta inteira normalmente é melhor do que em ano de maior precipitação pluviométrica. Wiersma et al. (1993) verificaram maior teor de PB no ano de menor precipitação e menores teores de FDN e FDA quando o déficit hídrico afetou o crescimento das plantas.

A radiação solar, por meio da fotossíntese, é o primeiro fator que estabelece um limite máximo sobre a produtividade, mas temperatura e precipitação pluviométrica desempenham papel principal como moduladores determinando a proporção do potencial produtivo que é atingido em um dado local (SNAYDON, 1991). De um modo geral, a produção forrageira é mais afetada pelos estresses impostos pelo ambiente do que parâmetros relacionados a qualidade. Em experimento com alfafa irrigada com 65% da

capacidade de campo, a produção reduziu em 49% comparado com alfafa irrigada com 112% da capacidade de campo, porém, o déficit hídrico imposto pelo tratamento reduziu a digestibilidade *in vitro* da matéria seca em apenas 8% (HALIM et al., 1989).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL

Os dados utilizados neste experimento foram obtidos em ensaios de avaliação de híbridos *topcrosses* instalados simultaneamente na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytagazes (Região Norte Fluminense, local-1) e na Estação Experimental da Ilha Barra do Pomba, em Itaocara (Região Noroeste Fluminense, local-2), em três anos agrícolas consecutivos 2013/2014 (ano-1), 2014/2015 (ano-2) e 2015/2016 (ano-3), constituindo, portanto, dois locais e três anos de avaliação. O clima da região é o Tropical com estação seca com classificação Aw (Kottek et al., 2006) e precipitação média é de 800mm/ano para o município de Campos dos Goytacazes e 1221mm/ano para o município de Itaocara.

### 4.2. OBTENÇÃO DOS HÍBRIDOS *TOPCROSSES*

Os genótipos utilizados são oriundos da coleção de milho da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Foram selecionados 19 genótipos, todos do grupo heterótico “Dentado”. Cada genótipo foi cruzado com um único testador, o Piranão 12. Trata-se de um testador de base genética ampla, também pertencente ao mesmo grupo heterótico “Dentado”, de forma a gerar híbridos *topcrosses* dentados (Tabela 1).

### 4.3. EXPERIMENTO NO CAMPO

O delineamento experimental adotado para ambos os anos foi o de blocos ao acaso, sendo que para os anos 1 e 2 foram avaliados 24 híbridos, sendo 19 híbridos *topcrosses* oriundos da coleção de milhos da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e cinco testemunhas (Tabela 1). No primeiro ano, foram utilizadas quatro repetições e no segundo ano de plantio, cinco. A unidade experimental no ano 1 foi constituída por uma linha de 5,0m de comprimento, com espaçamento entre linhas de

**Tabela 1.** Descrição dos 19 híbridos *topcrosses* e cinco testemunhas utilizados nos experimentos em Campos dos Goytacazes e Itaocara -RJ, nos anos agrícolas 2013/2014 e 2014/2015.

Identificação	Genótipos	Tipo de Grão
1	L 15 (UENF-2194)	Dentado
2	L 17 (UENF-2195*)	Dentado
3	L 1032 (UENF-2199*)	Dentado
4	Dente burro br2 br2 (UENF-2205*)	Dentado
5	L 39 (UENF-2198*)	Dentado
6	Tripsacoide 05 (UENF-2203*)	Dentado
7	L 8 (UENF-2192*)	Dentado
8	Cravo br2 br2 (UENF-2206*)	Dentado
9	Caiano alegre br2 (UENF-2207*)	Dentado
10	Caiano alegre L 283 (UENF-2208*)	Dentado
11	Maia antigo L 284 (UENF-2209*)	Dentado
12	Fortaleza (UENF-2210*)	Dentado
13	Tripsacoide 01 (UENF- 2200*)	Dentado
14	Tripsacoide 03 (UENF-2202*)	Dentado
15	Tripsacoide 02 (UENF-2201*)	Dentado
16	Tripsacoide 1235 C (UENF-2204*)	Dentado
17	L 11 (UENF-2193*)	Dentado
18	L 2 (UENF-2191*)	Dentado
19	Piranão 13*	Dentado
20	AG 1051**	Dentado
21	L 25 (UENF-2197**)	Duro
22	L 21 (UENF-2196**)	Duro
23	Br 106**	Semidentado
24	UENF 506-11**	Semidentado
	Piranão 12***	

\* Híbridos *topcrosses*; \*\* Testemunhas; \*\*\*Testador. Os genótipos de 1 a 19, 21 e 22 foram cruzados com Piranão 12.

1,0m e 0.20m entre plantas, totalizando 25 plantas por parcela. No ano 2, cada unidade experimental foi constituída por uma linha de 8,0m de comprimento com espaçamento entre linha de 1.0m e 0.20m entre plantas, totalizando 40 plantas por parcela.

Com base em resultados agronômicos obtidos nos anos 1 e 2 (CREVELARI, 2016), foram selecionados os oito melhores híbridos, que foram avaliados no terceiro ano juntamente com sete testemunhas, totalizando 15 híbridos de milho (Tabela 2). No terceiro ano a unidade experimental constituiu de uma linha de 8.0m, 1.0m de espaçamento entre linhas e 0.20m entre plantas e foram utilizadas 6 repetições.

**Tabela 2.** Descrição dos oito híbridos *topcrosses*, sete testemunhas utilizados no experimento em Campos dos Goytacazes e Itaocara - RJ, no ano agrícola 2015/2016.

<b>Identificação</b>	<b>Genótipos</b>	<b>Tipo de Grão</b>
4	Dente burro br2 br2 (UENF-2205 *)	Dentado
5	L 39 (UENF-2198*)	Dentado
9	Caiano alegre br2 (UENF-2207*)	Dentado
10	Caiano alegre L 283 (UENF-2208*)	Dentado
11	Maia antigo L 284 (UENF-2209*)	Dentado
12	Fortaleza (UENF-2210*)	Dentado
14	Tripsacoide 03 (UENF-2202*)	Dentado
18	L 2 (UENF-2191*)	Dentado
20	AG 1051**	Dentado
24	UENF 506-11**	Semidentado
25	Comp. Flint Normal**	Duro
26	Sol da Manhã**	Duro
27	Saracura**	Duro
28	Cateto Sete Lagoas**	Duro
29	Cimmyt 12**	Duro

\*Híbrido *topcrosses*; \*\*Testemunhas

A semeadura dos experimentos em ambos os locais e anos foi realizadas por meio de sistema manual de plantio. Foram utilizadas três sementes por cova, à profundidade de 5 cm. Aos 21 dias após a emergência, foi feito o desbaste das plantas, deixando uma planta por cova. As adubações de semeadura foram realizadas com a aplicação de

400kg/ha do formulado N-P-K 8-28-16 e as adubações de cobertura foram efetuadas em duas etapas: a primeira 30 dias após o plantio com 300kg/ha do formulado N-P-K 20-00-20 e a segunda após 45 dias com 200 kg/ha de ureia. O controle de plantas invasoras foi realizado com a aplicação de herbicida (Glifosato) antes do plantio e, quando necessário, por capina manual adicional. Em ambos os anos e locais foram instaladas irrigação e se adotou 1 metro de bordadura na área experimental. Os plantios foram realizados em 11/13 (Campos) e 12/13 (Itaocara) para o primeiro ano; 10/14 (Campos) e 12/14 (Itaocara) para o segundo ano e 10/15 (Campos) e 11/15 (Itaocara) para o terceiro ano.

#### 4.4. COLHEITA E PREPARO DAS AMOSTRAS

A colheita dos híbridos foi realizada manualmente quando, pelo menos, três parcelas apresentavam grãos no estágio farináceo, considerado ideal para ensilagem. Os cortes foram realizados a altura de 0.20m da superfície do solo. No ano 1 foram amostradas 15 plantas, ao acaso, por parcela. Nos anos 2 e 3, foram amostradas 5 plantas por parcela. As amostras colhidas no campo foram pesadas. Após pesagem da planta inteira, os grãos foram debulhados e o peso registrado, a amostra identificada e congelada. A palha e o sabugo da espiga foram processados em picadeira juntamente com a parte vegetativa (colmo e folhas). Deste material foi retirada uma amostra homogênea de aproximadamente 0.600kg, para posterior análises de laboratório.

#### 4.5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As amostras de grãos e da parte vegetativa foram secas separadamente em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Após a obtenção da amostra seca ao ar, estas foram moídas em moinho tipo Wilye, com peneira de 1mm de crivo. Nas amostras de grãos e parte vegetativa, secas e moídas, foram realizadas as análises de matéria seca total (MS, Método AOAC 967.03, AOAC, 1990). Com base nos dados MS foi calculada a proporção de cada constituinte na planta, parte vegetativa e grãos, e assim foi preparada uma amostra composta representativa da planta inteira. A partir da amostra composta, no

ano 1, foram realizadas as análises químicas de gordura bruta (GB, Método AOAC 2003.06; THIEX et al., 2003), matéria mineral (MM, Método AOAC 942.05, AOAC, 1990), teor de proteína bruta (PB, Método AOAC 984.13 e Método AOAC 2001.11; THIEX et al., 2002), matéria orgânica fibrosa (aFDNmo, Método AOAC 2002.04; MERTENS, 2002) e lignina (LDA, MÖLLER, 2009). No segundo e terceiro ano, além da análise de MS, as análises de GB, MM e PB também foram realizadas nas amostras individuais, parte vegetativa e do grão. Somente as análises de aFDNmo e LDA foram realizadas nas amostras compostas no ano 2 e 3, sendo que no ano 1, estas análises foram realizadas em becker com bico e nos demais anos, sem bico.

O teor dos constituintes solúveis em detergente neutro (NDS) foi obtido por meio da subtração  $NDS = 1000 - aFDNmo$ .

#### 4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a composição química dos híbridos avaliados, as proporções foram computadas com base na MS. Uma vez que essas são proporções contínuas, a função densidade de probabilidade mais adequada para tais variáveis é a distribuição Beta (MOOD et al., 1974; FERRARI e CRIBARI-NETO, 2004. CARLTON e DEVORE, 2014; STROUP, 2015). Portanto, a composição química em termos de MS, GB, MM, PB, aFDNmo, LDA, e proporção de lignina na aFDNmo (ADL/aFDNmo), bem como a proporção de grãos na massa verde de forragem (Ygha/Yha), proporção de MS de grãos na MS de forragem (DMYgha/DMYha) e a proporção de MS da parte vegetativa na MS de forragem (DMYsha/DMYha) foram estimadas usando o seguinte modelo estocástico:

$$p_{ijkl} \sim \text{Beta}(\pi_{ijkl}, \phi) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\eta_{ijkl} = \log(p_{ijkl}/(1 - p_{ijkl})) = \eta + \alpha_i + b_{j(k)} + \beta_k + \tau_l + \alpha\beta_{ik} + \alpha\tau_{il} + \beta\tau_{kl} + \alpha\beta\tau_{ikl} + \beta\tau b_{klj(i)} \quad \text{Eq. (2)}$$

ou

$$\eta_{ijkl} = -\log[-\log(p_{ijkl})] = \eta + \alpha_i + b_{j(k)} + \beta_k + \tau_l + \alpha\beta_{ik} + \alpha\tau_{il} + \beta\tau_{kl} + \alpha\beta\tau_{ikl} + \beta\tau b_{kjl(i)} \quad \text{Eq. (3)}$$

Uma constante geral  $\eta$  é associada com a média transformada  $\eta_{ijkl}$ , a qual está ligada, por meio de uma função logarítmica, a um preditor linear (VONESH, 2012; STROUP, 2015). O valor esperado dos constituintes químicos, que é  $\pi_{ijk} \in (0,1)$ , é estimado baseado na função “link” inversa, como a seguir:

$$E[p_{ijkl}] = \pi_{ijk} = 1/(1 + \exp(-\hat{\eta}_{ijk})) \quad \text{Eq. (4)}$$

No qual  $\hat{\eta}_{ijk}$  a partir da Eq. 2 ou 3 é o preditor linear esperado  $E[\eta_{ijkl}] = \hat{\eta} + \hat{\tau}_i$  e  $\pi_{ijk}$  é a proporção de massa fracionada do constituinte químico esperado. A  $p_{ijkl} \in (0,1)$  observada é a proporção correspondente ao constituinte químico (ex.: MS/1000, PB/1000, etc) do  $i$ -ésimo híbrido, no  $j$ -ésimo ano,  $l$ -ésimo bloco dentro do  $k$ -ésimo local. O parâmetro  $\phi > 0$  é parâmetro de escala que completa a variância da distribuição Beta após Ferrari e Cribari-Neto (2004), como a seguir:

$$V[p_{ijkl}] = \pi_{ijk}(1 - \pi_{ijk})/(1 + \phi) \quad \text{Eq. (5)}$$

O uso das equações (1) e (2) foi efetuado para valores de proporções que recaíram sobre o intervalo aberto  $0.1 < p_{ijkl} < 0.9$ . Porém fora deste intervalo também foi testado o modelo estocástico definido pelas equações (1) e (3), conforme a recomendação de Stroup (2013). É importante enfatizar que o ajuste dos modelos às proporções observadas foi efetuado com base em ambas as transformações e a qualidade de ajuste dos modelos computada pelo coeficiente de correlação de concordância (Lin, 1989), conforme os procedimentos recomendados por Vonesh et al. (1996) e implementados no programa SAS (Vonesh, 2012). Foi utilizado o método de pseudo-verossimilhança restrita (Restricted Pseudo-Likelihood Method, RSPL) do procedimento GLIMMIX do pacote estatístico SAS (SAS Studio University Edition, SAS System Inc., Cary, NC, USA) para ajustar este modelo às concentrações observadas dos constituintes químicos. Um dos outputs requeridos (dado pela função “ilink”) do procedimento GLIMMIX é estimado com base na Eq. (4) e as variâncias das estimativas de acordo com a Eq. (5). A concentração final dos constituintes químicos foi apresentada como o produto  $1000\pi_{ijk}$  e o desvio padrão da estimativa como  $1000(\hat{V}[p_{ijkl}])^{0.5}$ .

As análises relativas ao rendimento forrageiro em termos de produção total (Yha, t/ha), produção de MS total (DMYha), produção de grãos (Ygha), produção de MS de grãos (DMYgha), produção da parte vegetativa (Ysha), produção de MS da parte vegetativa (DMYsha) e do rendimento por unidade de área em constituintes químicos PB (PBYha), aFDNmo (aFDNmoYha), ADL (ADLYha), NDS (NDSYha) e OMNDS (OMNDSYha) foram estimados utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} \sim N(\mu_{ijkl}, \sigma^2) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + b_{l(k)} + \beta_k + \tau_j + \alpha\beta_{ik} + \alpha\tau_{ij} + \beta\tau_{kj} + \alpha\beta\tau_{ikj} + e_{ijkl} \quad \text{Eq. (7)}$$

Em que  $Y_{ijkl}$  corresponde à produção observada do  $i$ -ésimo híbrido de milho colhido na parcela correspondente ao  $l$ -ésimo bloco dentro do  $k$ -ésimo local no  $j$ -ésimo ano de experimento;  $\mu$  é a média geral;  $\alpha_i$  é o efeito do híbrido ( $i = 1, 2, 3, 4, \dots, 29$ );  $b_{l(k)}$  corresponde ao efeito de bloco dentro de local ( $b = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ );  $\beta_k$  é o efeito de local ( $k = 1, 2$ );  $\tau_j$  representa o efeito de ano ( $j = 1, 2, 3$ );  $\alpha\beta_{ik}$  corresponde ao efeito da interação do híbrido  $i$  e o local  $k$ ;  $\alpha\tau_{ij}$ , por seu turno representa o efeito da interação do híbrido  $i$  e do ano  $j$ ;  $\beta\tau_{kj}$  representa o efeito da interação do local  $k$  e o ano  $j$ ;  $\alpha\beta\tau_{ikj}$  é o efeito da interação tripla entre híbrido  $i$ , local  $k$  e ano  $j$  e, ao final,  $e_{ijkl}$  representa o erro aleatório. Os efeitos de híbrido, local e ano foram considerados fixos, enquanto que o efeito de bloco foi considerado aleatório. O ajuste desse modelo aos dados também foi efetuado pelo procedimento GLIMMIX do programa SAS (Sas Studio University Edition, SAS System Inc, Cary, NC, EUA). Inicialmente, foram efetuados ajustes empregando-se o procedimento de Máxima Verossimilhança para a escolha da melhor estrutura de variâncias e covariâncias para se verificar a necessidade de contabilizar dependência e heterogeneidade. Isto posto, o modelo foi escolhido com base no menor valor do critério de informação de Akaike (1974), conforme os procedimentos recomendados por Wolfinger (1993) e Littell et al. (2006). O nível de significância adotado foi o de 0.001 para forte evidência de efeito, para valores de P entre 0.01 e 0.001 o efeito foi considerado existente. Assim foi possível minimizar os riscos de serem encontrados falsos positivos (JOHNSON, 2013). As médias de tratamentos e interações foram comparadas por meio do teste Tukey-Cramer protegido para a inflação do erro tipo I quando realizadas comparações múltiplas entre tratamentos (LITTELL et al., 2006).

## 5. RESULTADOS

### 5.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os ajustes dos modelos lineares generalizados mistos utilizando a função de densidade de probabilidade Beta possibilitaram estudar o efeito dos fatores principais híbrido, local e ano, bem como as interações entre estes fatores sobre as proporções relativas à composição química dos híbridos em avaliação (Tabela 3).

O teor de MS foi influenciado pela interação tripla entre os fatores estudados. Dada a interação tripla, a resposta dos híbridos foi inconsistente ao longo das avaliações entre locais e anos. No terceiro ano as diferenças gerais, isto é, independente do híbrido, entre locais foram mais evidentes, no entanto, nos demais anos, as diferenças gerais entre locais dentro de cada ano foram menos evidentes, apesar de alguns híbridos terem se destacado, tanto para mais quanto para menos (Figura 1). Os componentes de variância estimados representavam a interação ano×bloco dentro de local e híbrido×ano×bloco dentro de local, que por seu turno corresponde à variância residual. As demais variâncias não renderam estimativas pontuais maiores do que zero após a convergência do algoritmo de pseudo máxima verossimilhança do procedimento GLIMMIX (Tabela 3).

O teor de PB foi influenciado pela interação local×ano, o que significa que, a resposta global dos híbridos dentro de cada local foi dependente de ano. Os componentes de variância estimados representavam bloco dentro de local, a interação ano×bloco dentro de local, híbrido×bloco dentro de local e a variância residual (Tabela 3 e Figura 2).

O teor de aFDN<sub>mo</sub> não sofreu influência da interação tripla ou de interações duplas, sendo, porém, influenciado apenas pelos fatores principais híbrido e ano. O teor de aFDN<sub>mo</sub> entre híbridos diferiu e foi independente do ano, pois apresentou tendência semelhante, embora ordenamento diferente entre anos. O único componente de variância estimado além da variância residual representava a interação ano×bloco dentro de local (Tabela 3). No terceiro ano o híbrido 28 apresentou teor de aFDN<sub>mo</sub> superior ao observado para demais híbridos nos outros anos, no entanto, deve-se ressaltar que o híbrido 28 foi avaliado somente no terceiro ano (Figura 3).

O teor de LDA foi influenciado pelos fatores principais híbrido, local e ano, efeitos esses independentes. Os componentes de variância estimados foram bloco dentro

de local, ano×bloco dentro de local, híbrido×bloco dentro de local e a variância residual (Tabela 3). É importante notar como os híbridos 28 e 10 se destacaram para teor de LDA (Figura 4).

De forma semelhante, a relação ADL/aFDN<sub>mo</sub> diferiu entre híbridos e foi independente de local e ano, no entanto, se comportou de forma semelhante entre local e ano, dada a influência de apenas os fatores principais híbrido, local e ano. Os componentes de variância estimados foram ano×bloco dentro de local e a variância residual (Tabela 3, Figura 5).

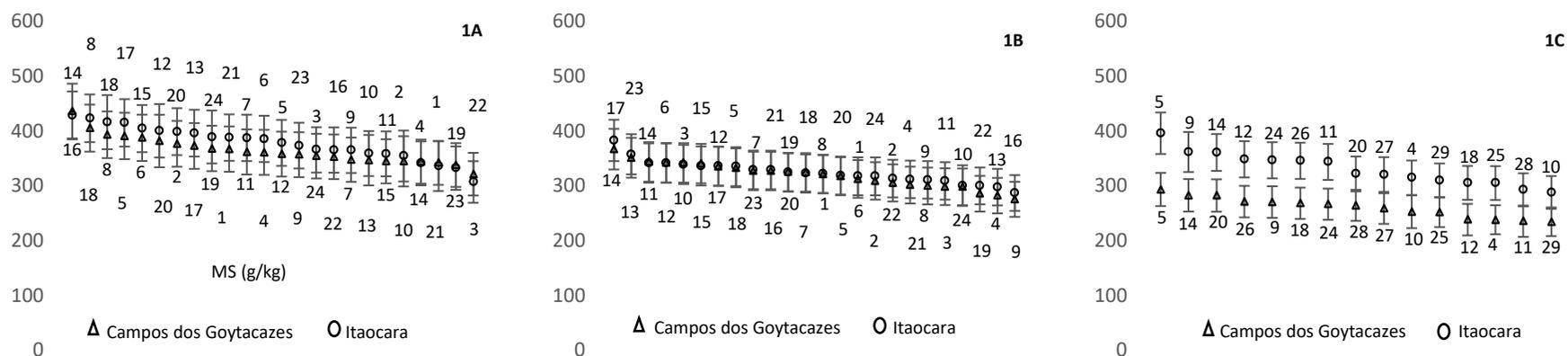
Os teores de NDS e GB sofreram influência dos fatores principais híbrido e ano. Ambos os teores diferiram entre híbridos e foram independentes de ano, porém se comportaram de forma semelhante entre anos. Os componentes de variância estimados foram a interação ano×bloco dentro de local, para NDS e, as interações ano×bloco dentro de local e variância residual, para GB (Tabela 3, Figura 6 e 7). O teor de MM sofreu influência da interação dupla local×ano. O efeito de local foi dependente de ano. Cada ano gerou uma resposta global para cada local. Para cada ano, ou pelo menos um ano, houve diferença entre locais e essa diferença não foi consistente ao longo dos anos avaliados. Os componentes de variação estimados foram as interações ano×bloco dentro de local, híbrido×bloco dentro de local e a variância residual (Tabela 3, Figura 8).

Tabela 3. Valores P para a composição bromatológica da planta inteira

Variável	$\alpha_i$	$\beta_k$	$\tau_j$	$\alpha\beta_{ik}$	$\alpha\tau_{ij}$	$\beta\tau_{kj}$	$\alpha\beta\tau_{ijk}$	Componentes de Variância
<b>MS</b>	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.051$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha\tau b_{ijl(k)}} = 0.127$
<b>PB</b>	<.001	0.369	<.001	0.997	0.025	0.009	0.808	$\hat{\sigma}_{b_{l(k)}} = 0.013$ ; $\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.022$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha b_{il(k)}} = 0.026$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha\tau b_{ijl(k)}} = 0.036$
<b>aFDNmo</b>	<.001	0.376	0.010	0.035	0.285	0.955	0.787	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.043$ ;
<b>LDA</b>	<.001	<.001	<.001	0.134	0.235	0.392	0.075	$\hat{\sigma}_{b_{l(k)}} = 0.009$ ; $\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.010$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha b_{il(k)}} = 0.009$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha\tau b_{ijl(k)}} = 0.010$
<b>LDA/aFDNmo</b>	<.001	0.001	<.001	0.081	0.687	0.314	0.344	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.061$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha\tau b_{ijl(k)}} = 0.096$
<b>NDS</b>	<.001	0.376	0.010	0.035	0.285	0.955	0.787	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.043$ ;
<b>GB</b>	<.001	0.093	<.001	0.127	0.096	0.389	0.389	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.029$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha\tau b_{ijl(k)}} = 0.051$
<b>MM</b>	0.001	0.304	0.004	0.066	0.084	0.001	0.156	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.010$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha b_{il(k)}} = 0.055$ ; $\hat{\sigma}_{\alpha\tau b_{ijl(k)}} = 0.036$

$\alpha_i$ , efeito de híbrido;  $\beta_k$ , efeito de local;  $\tau_j$ , efeito de ano;  $\alpha\beta_{ik}$ , efeito da interação híbrido×local;  $\alpha\tau_{ij}$ , efeito da interação híbrido×ano;  $\beta\tau_{kj}$ , efeito da interação local×ano;  $\alpha\beta\tau_{ijk}$ , efeito da interação híbrido×local×ano. Os subscritos das variâncias representadas por sigma indicam as respectivas interações aleatórias e variâncias residuais homogêneas ou heterogêneas, consoante o caso.

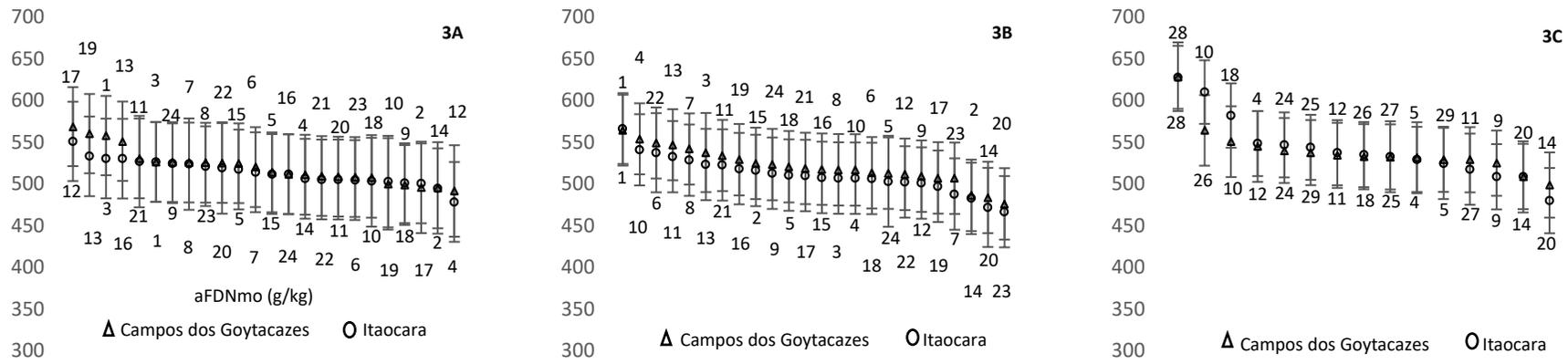
MS, teor de matéria seca; PB, teor de proteína bruta; aFDNmo, matéria orgânica fibrosa; LDA, teor de lignina detergente ácido; LDA/aFDNmo, proporção de lignina na fibra, NDS, sólidos solúveis em detergente neutro; GB, teor de gordura bruta; MM, teor de matéria mineral.



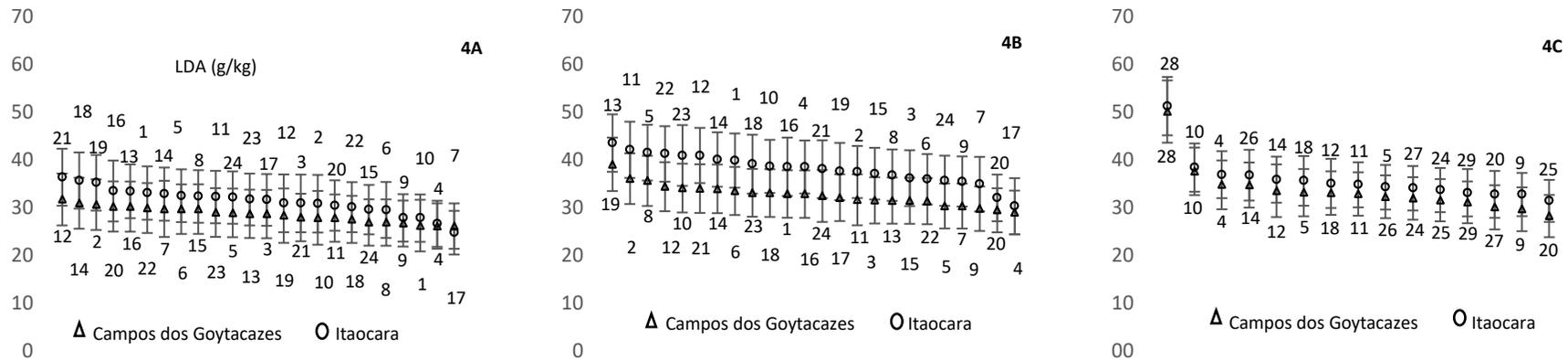
**Figura 1.** Teor de matéria seca na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



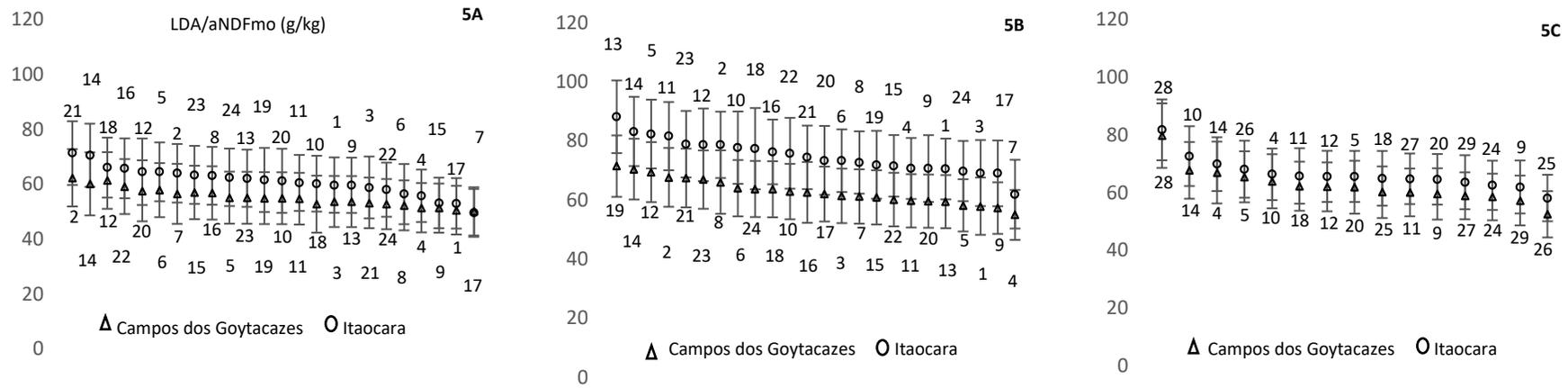
**Figura 2.** Teor de proteína bruta na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



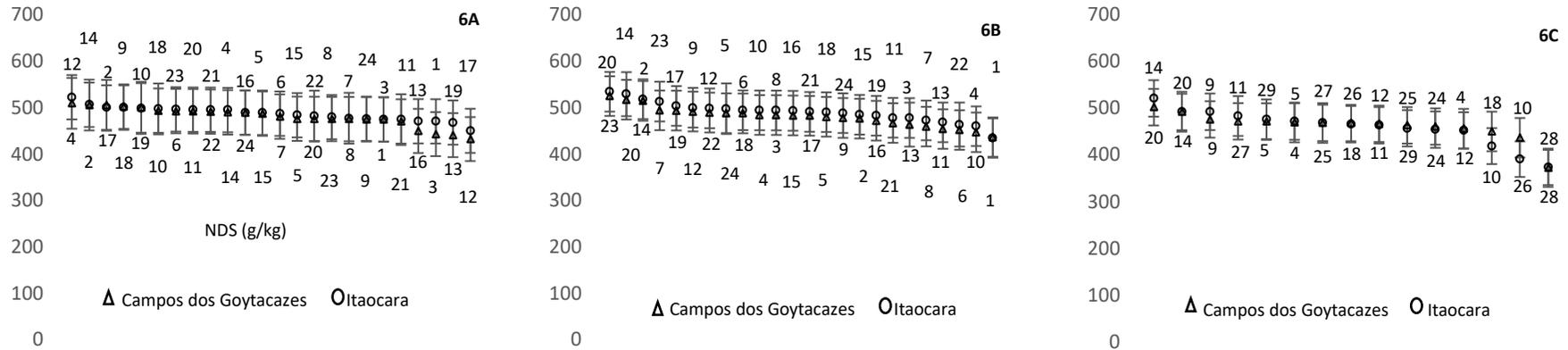
**Figura 3.** Teor de matéria orgânica fibrosa na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



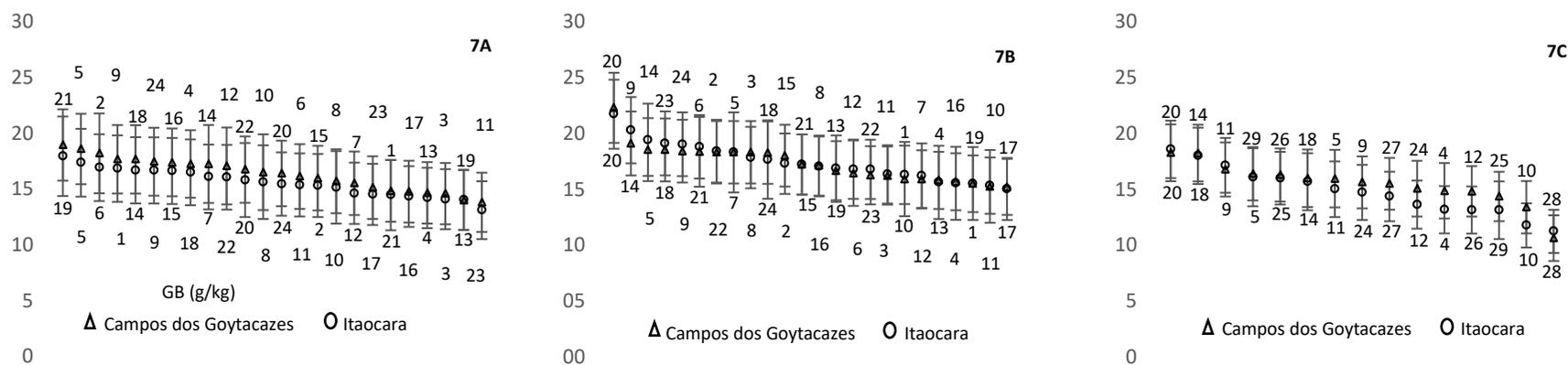
**Figura 4.** Teor de lignina detergente ácido na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



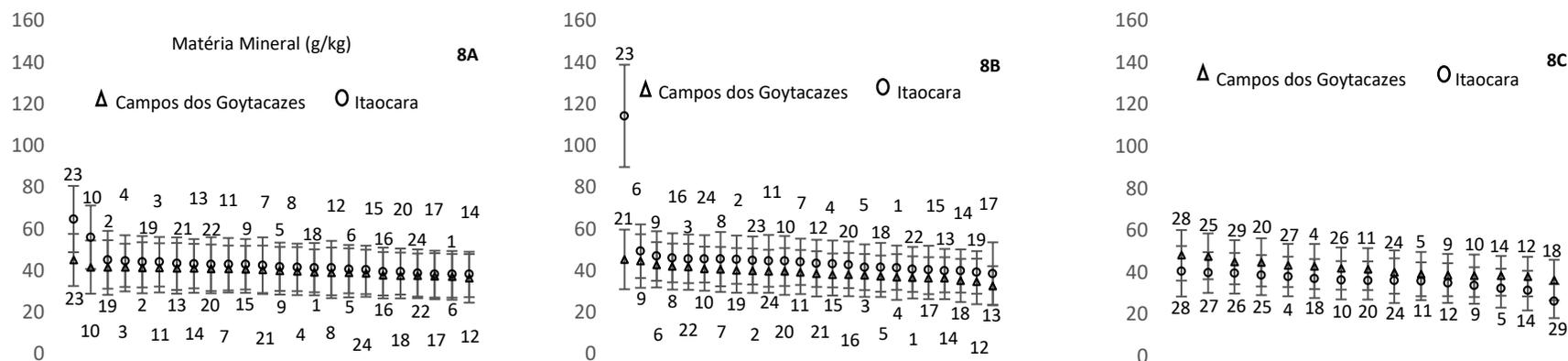
**Figura 5.** Teor de lignina na fibra na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 6.** Teor de sólidos solúveis em detergente neutro na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 7.** Teor de gordura bruta na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 8.** Teor de matéria mineral na planta inteira por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.

### 5.3. RENDIMENTO FORRAGEIRO

Assim como para a composição química, foram estudados os efeitos dos fatores híbrido, local e ano, bem como as interações entre estes fatores sobre o rendimento forrageiro (Tabela 4).

O Yha sofreu influência da interação tripla entre os fatores estudados, de modo que houve diferença entre híbridos, no entanto, essa diferença não foi consistente entre locais e anos. Cada híbrido apresentou uma resposta única que diferiu entre locais e entre anos. Os componentes de variância estimados foram as interações ano×bloco dentro de local, e as interações individuais para cada ano (Tabela 4, Figura 9). A DMYha foi influenciada pela interação dupla local×ano. Os componentes de variância estimados foram as interações ano×bloco dentro de local e variância residual (Tabela 4, Figura 10).

A Ygha e DMYgha foram influenciados pelos fatores híbrido e ano. Os híbridos tiveram produção de grãos diferente que foram independentes de ano, porém se comportaram de forma semelhante entre anos, ou seja, o efeito global de ano sobre a produção de grãos foi o mesmo para todos os híbridos avaliados. Os componentes de variância estimados foram as interações ano×bloco dentro de local e as variâncias individuais residuais heterogêneas para cada ano (Tabela 4, Figura 11 e 12).

A Ysha foi influenciada pela interação tripla híbrido×local×ano. A Ysha foi diferente entre híbridos e cada híbrido respondeu de forma diferente aos efeitos de ano e local, de modo que, a resposta dos híbridos foi inconsistente ao longo das avaliações. Os componentes de variância estimados foram as interações ano×bloco dentro de local e as interações individuais para cada ano (Tabela 4, Figura 13). A DMYsha foi influenciada pela interação dupla híbrido×ano. A resposta de cada híbrido foi única para cada ano e não sofreu influência de local. No entanto, pelo menos um contraste entre as médias de anos diferiu de zero. Os componentes de variância estimados foram ano×bloco dentro de local e as variâncias individuais residuais heterogêneas para anos (Tabela 4, Figura 14).

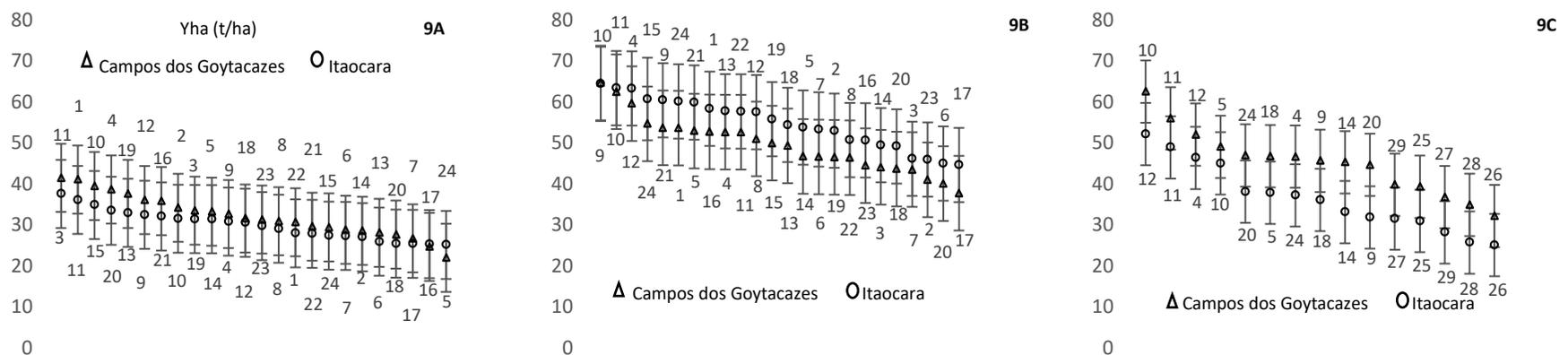
A PBYha foi influenciada pelos fatores híbrido e ano. A resposta dos híbridos foi diferente e independente de ano, porém o efeito de ano sobre a PBYha foi sistemático para todos os híbridos. Os componentes de variância estimados foram a interação ano×bloco dentro de local e a variância residual homogênea (Tabela 4, Figura 15).

**Tabela 4.** Valores *P* e componentes de variância para o rendimento forrageiro e de nutrientes

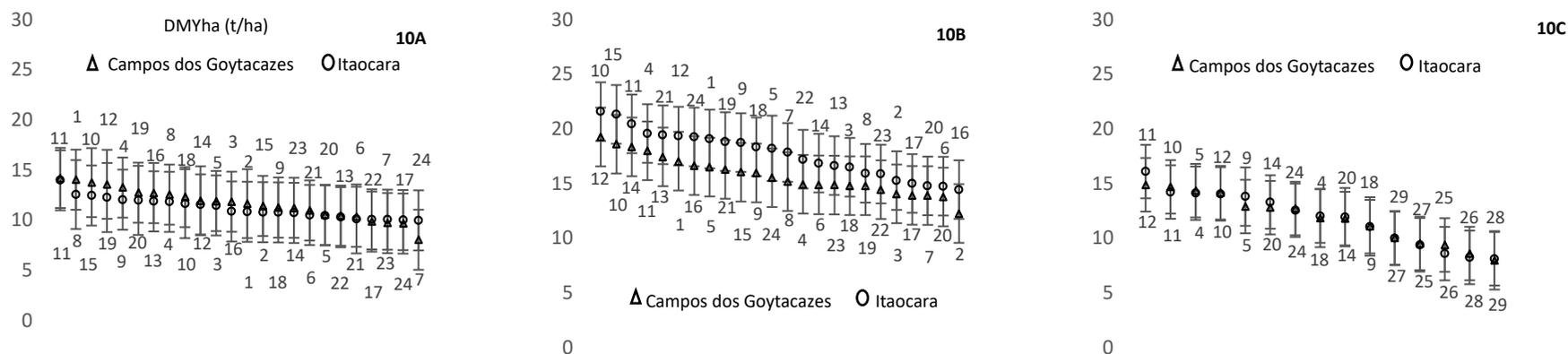
Variável	$\alpha_i$	$\beta_k$	$\tau_j$	$\alpha\beta_{ik}$	$\alpha\tau_{ij}$	$\beta\tau_{kj}$	$\alpha\beta\tau_{ikj}$	Componentes de Variância
Yha	<.001	0.076	<.001	0.236	<.001	<.001	0.005	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 2108.0$ ; $\hat{\sigma}_{i1kl} = 6076.8$ ; $\sigma_{i2kl} = 7541.9$ ; $\hat{\sigma}_{i3kl} = 6832.3$
DMYha	<.001	0.098	<.001	0.852	0.019	0.008	0.033	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 638.4$ ; $\hat{\sigma}_{ijkl} = 2229.0$
Ygha	<.001	0.174	<.001	0.992	0.055	0.057	0.166	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 399.7$ ; $\hat{\sigma}_{i1kl} = 1372.4$ ; $\hat{\sigma}_{i2kl} = 1757.7$ ; $\hat{\sigma}_{i3kl} = 1564.3$
DMYgha	<.001	0.971	<.001	0.974	0.023	0.014	0.159	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 247.9$ ; $\hat{\sigma}_{i1kl} = 777.1$ ; $\sigma_{i2kl} = 933.1$ ; $\hat{\sigma}_{i3kl} = 874.8$
Ysha	<.001	0.081	<.001	0.096	<.001	<.001	0.003	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 1815.1$ ; $\hat{\sigma}_{i1kl} = 4944.9$ ; $\hat{\sigma}_{i2kl} = 6743.0$ ; $\hat{\sigma}_{i3kl} = 5989.4$
DMYsha	<.001	0.021	<.001	0.572	0.004	0.019	0.016	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 439.1$ ; $\hat{\sigma}_{i1kl} = 1555.3$ ; $\hat{\sigma}_{i2kl} = 1909.1$ ; $\hat{\sigma}_{i3kl} = 1457.8$
PBYha	<.001	0.324	<.001	0.921	0.012	0.340	0.074	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 35.8$ ; $\hat{\sigma}_{ijkl} = 152.0$
aFDNmoYha	<.001	0.305	<.001	0.332	0.002	0.027	0.006	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 344.8$ ; $\hat{\sigma}_{i1kl} = 1129.0$ ; $\hat{\sigma}_{i2kl} = 1287.3$ ; $\hat{\sigma}_{i3kl} = 1030.3$
LDAYha	<.001	<.001	<.001	0.499	0.004	0.003	0.056	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 37.6$ ; $\hat{\sigma}_{i11l} = 81.9$ ; $\hat{\sigma}_{i12l} = 68.3$ ; $\hat{\sigma}_{i21l} = 100.6$ ; $\hat{\sigma}_{i22l} = 128.8$ ; $\hat{\sigma}_{i31l} = 58.0$ ; $\hat{\sigma}_{i32l} = 79.7$
NDSYha	<.001	0.086	<.001	0.922	0.041	0.018	0.080	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 351.1$ ; $\hat{\sigma}_{i11l} = 1289.2$ ; $\hat{\sigma}_{i12l} = 1013.3$ ; $\hat{\sigma}_{i21l} = 1380.5$ ; $\hat{\sigma}_{i22l} = 1225.8$ ; $\hat{\sigma}_{i31l} = 927.7$ ; $\hat{\sigma}_{i32l} = 1226.3$
Ygha/Yha	<.001	0.606	<.001	0.356	0.001	0.013	0.071	$\hat{\sigma}_{b(k)} = 0.015$ ; $\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.049$
DMGratio	<.001	0.069	0.007	0.574	0.093	0.227	0.322	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.055$ ;
DMSratio	<.001	0.045	0.003	0.258	0.011	0.163	0.082	$\hat{\sigma}_{\tau b_{jl(k)}} = 0.049$ ;

$\alpha_i$ , efeito de híbrido;  $\beta_k$ , efeito de local;  $\tau_j$ , efeito de ano;  $\alpha\beta_{ik}$ , efeito da interação híbrido×local;  $\alpha\tau_{ij}$ , efeito da interação híbrido×ano;  $\beta\tau_{kj}$ , efeito da interação local×ano;  $\alpha\beta\tau_{ijk}$ , efeito da interação híbrido×local×ano. Os subscritos das variâncias representadas por sigma indicam as respectivas interações aleatórias e variâncias residuais homogêneas ou heterogêneas, consoante o caso.

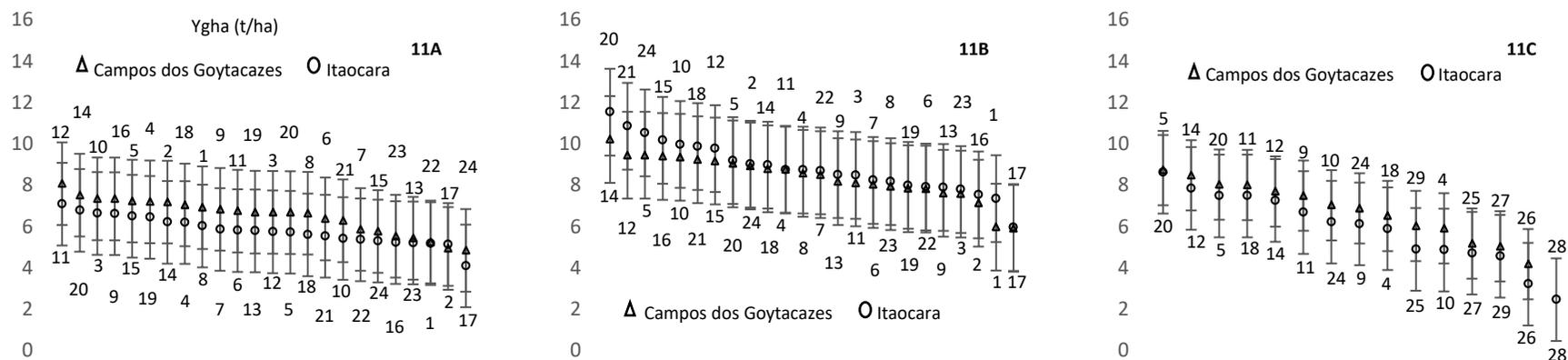
Yha, produção total na matéria natural; DMYha, produção total na matéria seca, Ygha, produção de grãos na matéria natural; DMYgha, produção de matéria seca de grãos; Ysha, produção da parte vegetativa; DMYsha, produção de matéria seca da parte vegetativa; PBYha, produção de proteína bruta por área; aFDNmo, produção de matéria orgânica fibrosa por área; LDAYha, produção de lignina por área; NDSYha, produção de sólidos solúveis em detergente neutro por área; Ygha/Yha, proporção de grãos na massa verde; DMGratio, proporção de matéria seca de grãos na matéria seca de forragem; DMSratio, proporção de matéria seca da parte vegetativa na matéria seca de forragem



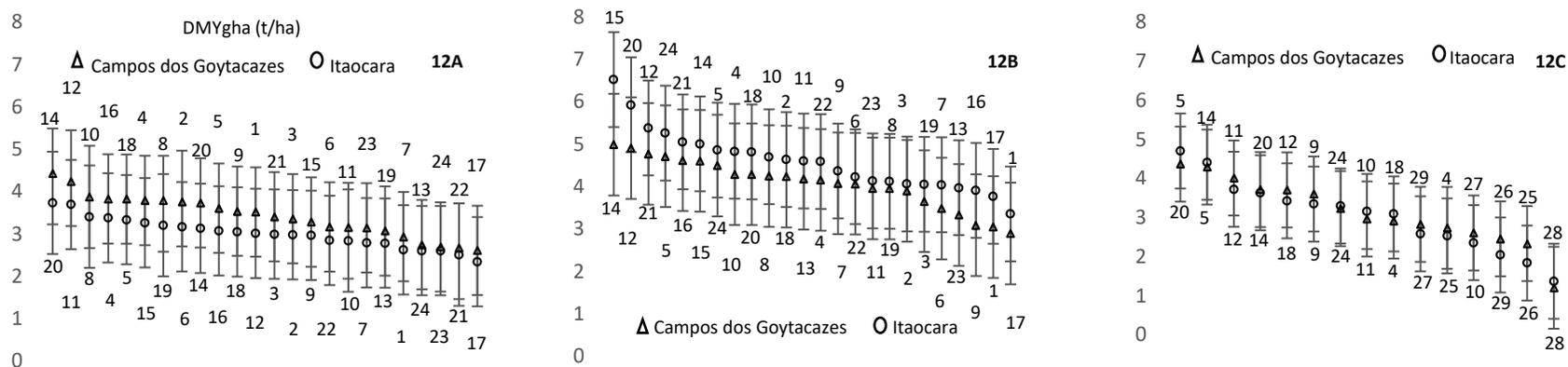
**Figura 9.** Rendimento de forrageiro na matéria natural por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 10.** Rendimento de matéria seca de forragem por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 11.** Rendimento de grãos por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



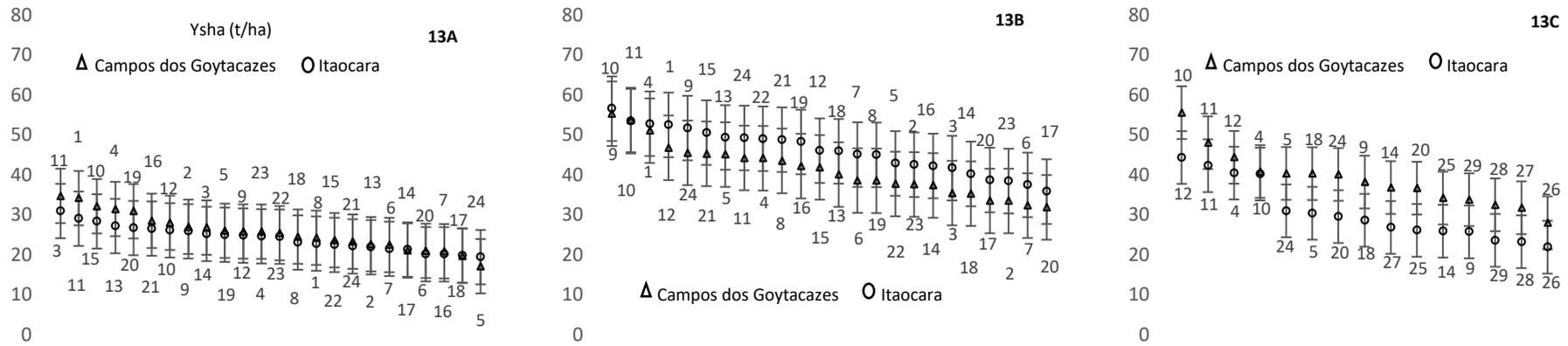
**Figura 12.** Rendimento de matéria seca de grãos por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto

A aFDNmoYha foi influenciada pela interação tripla. Os híbridos diferiram na produção de aFDNmo e responderam de forma diferente entre locais e anos. Os componentes de variância estimados foram as interações ano×bloco dentro de local e as interações híbrido×ano×bloco dentro de local para cada ano (Tabela 4, Figura 16).

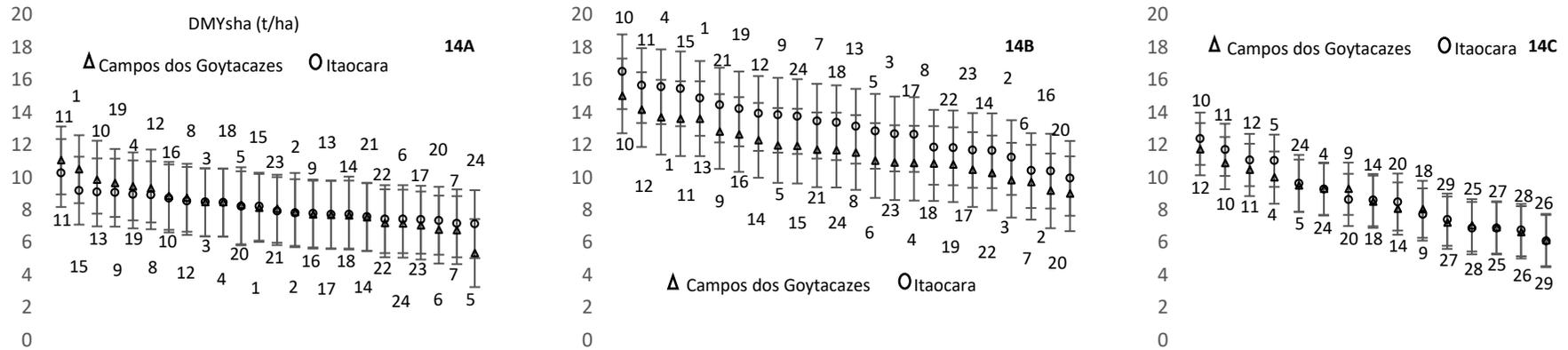
A LDAYha foi influenciada pelas interações duplas híbrido×ano e local×ano. As respostas dos híbridos foram dependentes do ano de avaliação, ou seja, os híbridos se comportaram de forma diferenciada para cada ano, independente de local. As respostas dos híbridos foram diferentes e cada ano resultou em resposta global sobre local independente de híbrido. Os componentes de variância estimados foram ano×bloco dentro de local e as variâncias residuais heterogêneas para cada combinação ano×local (Tabela 4, Figura 17).

A NDSYha foi influenciada pelos fatores híbrido e ano. As respostas dos híbridos foram diferentes e independentes de ano, porém o efeito global de ano sobre os híbridos foi sistemático, em outras palavras, o fator ano influenciou a resposta dos híbridos, mas os híbridos responderam de forma semelhante ao efeito de ano. Os componentes de variância estimados foram ano×bloco dentro de local e as variâncias residuais heterogêneas para cada combinação ano×local (Tabela 4, Figura 18).

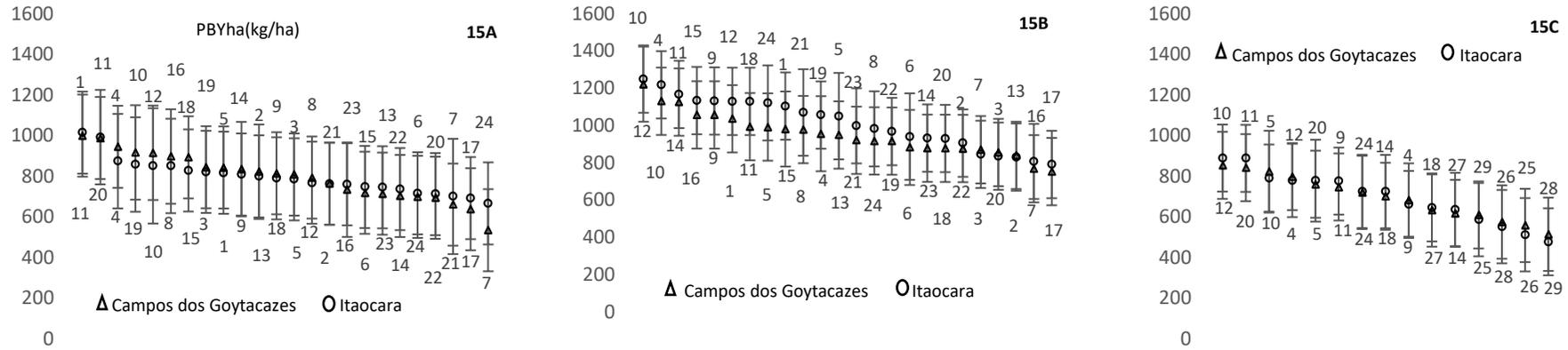
A Ygha/Yha foi influenciada pela interação dupla híbrido×ano, isto é, as respostas dos híbridos foram dependentes do ano de avaliação. Os componentes de variância estimados foram bloco dentro de local e a interação ano×bloco dentro de local. (Tabela 4, Figura 19).



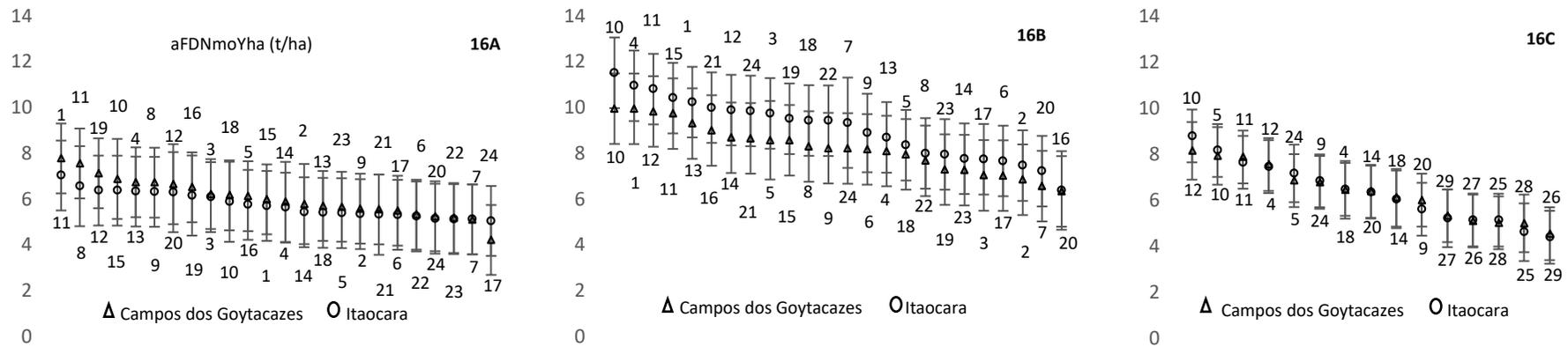
**Figura 13.** Rendimento da parte vegetativa por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



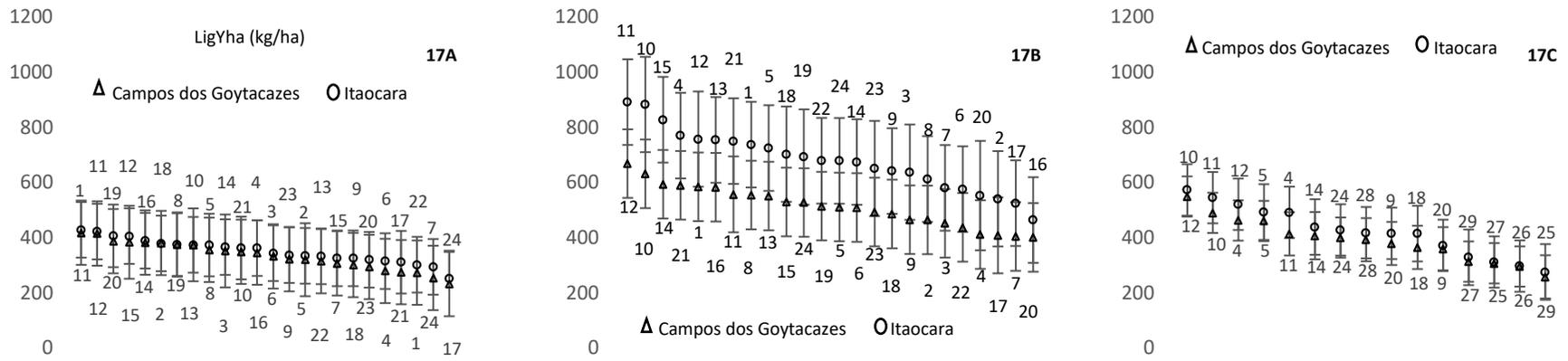
**Figura 14.** Rendimento de matéria seca da parte vegetativa por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



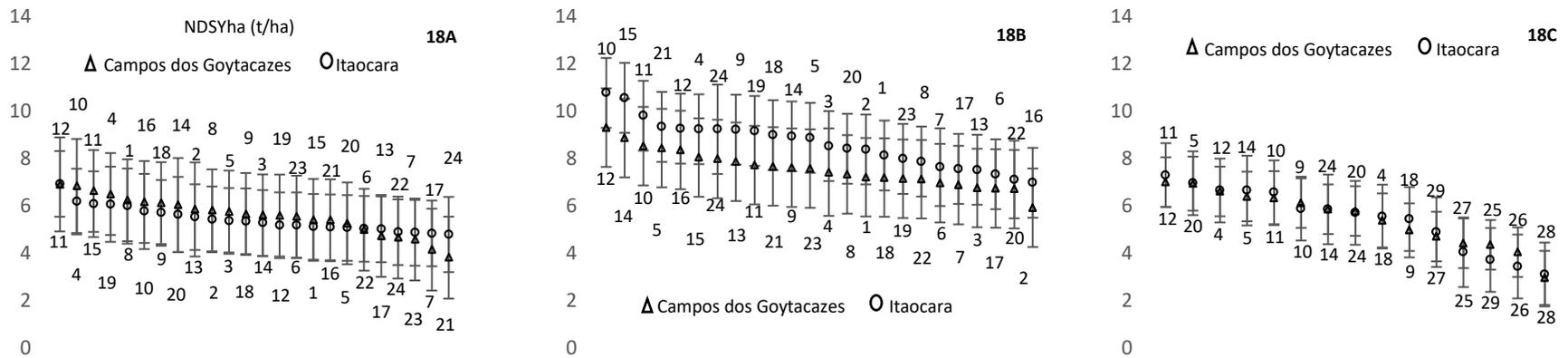
**Figura 15.** Rendimento de proteína bruta por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



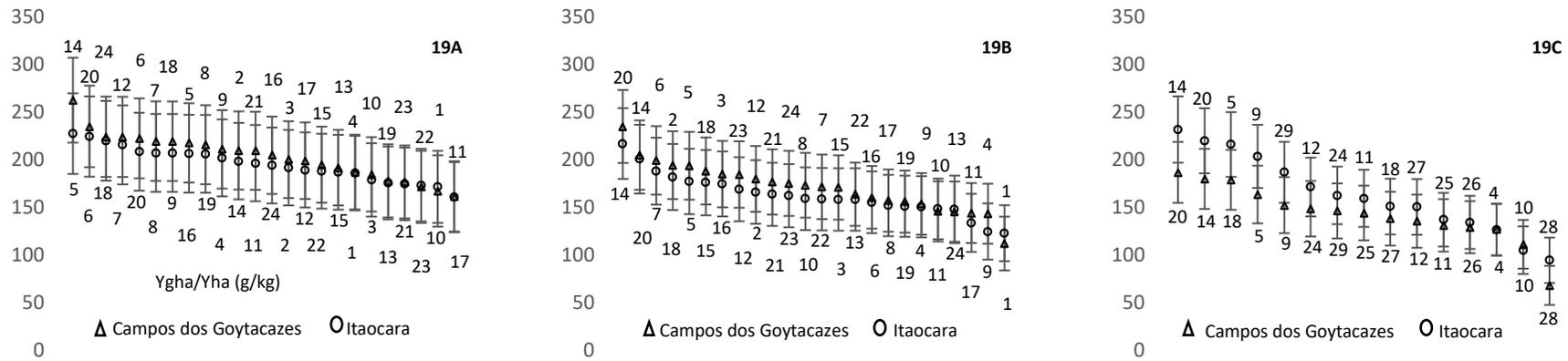
**Figura 16.** Rendimento da matéria orgânica fibrosa por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3.



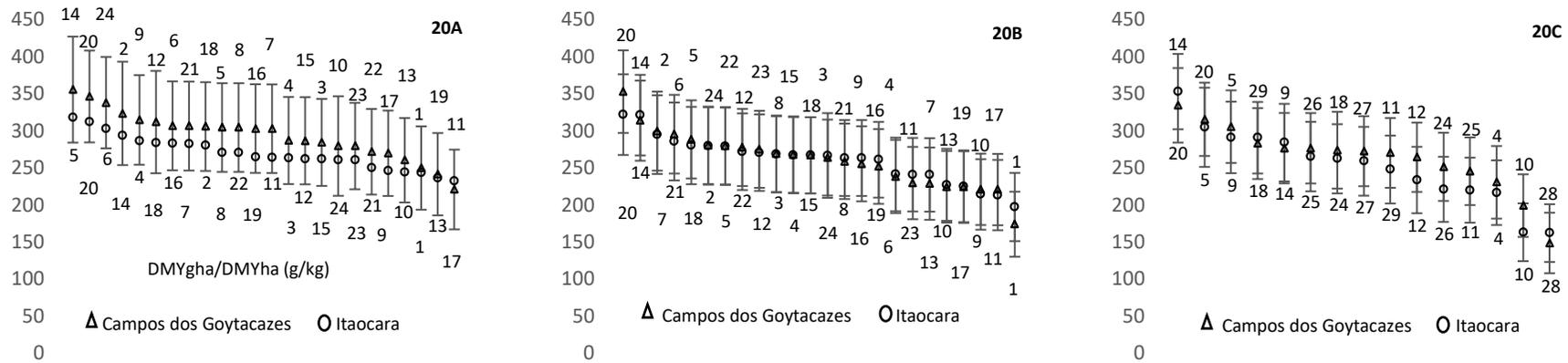
**Figura 17.** Rendimento de lignina detergente ácido por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 18.** Rendimento de sólidos solúveis em detergente neutro por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.

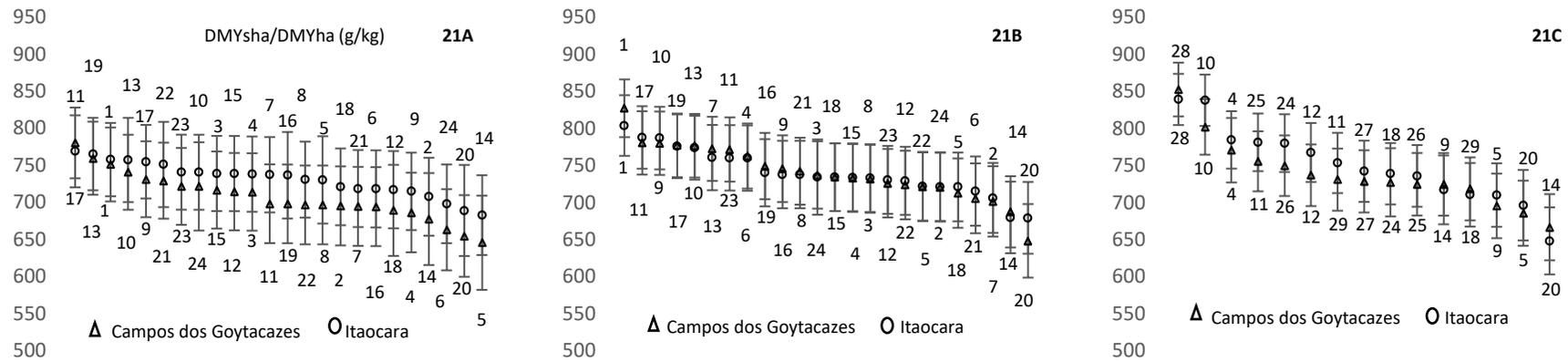


**Figura 19.** Proporção de grãos na massa de forragem por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.



**Figura 20.** Proporção de matéria seca de grãos na matéria seca de forragem por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.

A DMGratio foi influenciada pelos fatores híbrido e ano. As respostas dos híbridos foram diferentes e independentes de ano, porém o efeito global de ano sobre os híbridos foi sistemático, em outras palavras, o ano de avaliação influenciou a resposta dos híbridos, mas os híbridos responderam de forma semelhante ao efeito de ano. O único componente de variância estimado foi a interação ano×bloco dentro de local (Tabela 4, Figura 20). De forma semelhante, a DMSratio foi influenciada pelos fatores híbrido e ano, para a qual também foi estimada a variância da interação ano×bloco dentro de local como o único componente de variância estimado (Tabela 4, Figura 21).



**Figura 21.** Proporção de matéria seca da parte vegetativa na matéria seca de forragem por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 99%. A, ano 1; B, ano 2 e C, ano 3. A descrição dos híbridos se encontra no texto.

## 6. DISCUSSÃO

Embora as cultivares de milho possuam contribuição única e atributos que as habilitam a atingir altas produtividades e alta qualidade, a produção final não depende exclusivamente das cultivares, mas da interação genótipo x ambiente. Os resultados desta pesquisa confirmam a presença de importantes diferenças estatísticas entre híbridos, locais e anos, bem como para as interações entre estes fatores. A partir dos resultados registrados para os três anos de avaliações nos mesmos locais, foi possível detectar mais diferenças entre anos do que entre locais. Segundo Argillier et al. (1994), o efeito de ano pode ser tão importante quanto o efeito de local.

A produção de ruminantes depende, entre outros fatores, da qualidade do alimento, o qual fornece os nutrientes necessários para atender às necessidades nutricionais, tanto dos ruminantes como dos microrganismos do rúmen. O milho tem sido um importante recurso forrageiro disponível aos pecuaristas desde os descobrimentos e o seu melhoramento genético um objetivo constante. A planta forrageira ideal deve conter o máximo possível de nutrientes em sua composição, bem como render grande quantidade de massa forrageira por unidade de área ao menor custo possível. Portanto, a relação grão:massa verde e a produção de MS são fatores importantes de adaptabilidade de um híbrido para produção de silagem, mas o conhecimento da composição nutricional do milho para ensilagem é um critério igualmente importante que deve ser levado em consideração na seleção de híbridos para a ensilagem.

O valor nutritivo de uma forrageira é primeiramente determinado pela sua composição (VAN SOEST, 1994). O estágio de maturação é o principal fator a afetar a composição química, conseqüentemente, o valor nutricional das plantas forrageiras. Neste experimento, os híbridos avaliados pertenciam ao mesmo ciclo vegetativo, isto é, todos híbridos normais, para os quais se buscou colhê-los quando atingissem o ponto para ensilagem (farináceo). Desta forma, não se esperava que as diferenças observadas neste experimento resultassem de diferenças de maturidade entre híbridos.

Além do estágio fisiológico, a individualidade de cada espécie forrageira e os fatores ambientais influenciam sua composição. Dentre os fatores ambientais que afetam a composição forrageira em ordem decrescente de importância pode citar: temperatura, luz, água, fertilização e características físico-químicas do solo (VAN SOEST, 1994).

O teor de MS no momento da colheita não só determina a qualidade final da silagem, como também seu consumo pelos animais. Diferenças no teor de MS entre híbridos no momento da colheita são relatadas na literatura, mas, fatores ambientais também influenciam o teor de MS. Diferenças no teor de MS da planta inteira entre anos de plantio podem ser maiores do que as observadas entre híbridos, as quais podem ser atribuídas a diferenças de precipitação pluviométrica entre anos de plantio. Nos anos de menor precipitação pluviométrica, o teor de MS da planta inteira pode ser significativamente maior, algo em torno de 5% a mais (WIERSMA et al., 1993).

Neste experimento, buscou-se corrigir possíveis déficits hídricos por meio de irrigação. Portanto, não parece haver dúvida razoável de que eventuais déficits hídricos tenham influenciado o teor de MS da planta inteira. Contudo, houve incidência de doença não identificada nas plantas no terceiro ano no local pertencente ao município de Campos dos Goytacazes. Essa doença levou a uma seca precoce da planta de milho, que iniciou na floração. Johnson et al. (1997) observaram maior teor de MS em plantas de milho com maior incidência de doença foliar. O maior teor de MS observado para os híbridos no terceiro ano no município de Campos dos Goytacazes pode então ser atribuído à incidência da doença. Como observado, o teor de MS é influenciado por fatores ambientais e diferenças nas condições de crescimento entre locais e anos, o que pode ter contribuído para as diferentes respostas detectadas para os híbridos.

A planta de milho apresenta baixo teor de PB, portanto, pode ser caracterizada como um alimento energético, de modo que, maior ênfase pode ser dada à sua composição em carboidratos. No entanto, a avaliação do teor de PB se faz necessária, uma vez que, uma quantidade mínima de nitrogênio é exigida pelos microrganismos do rúmen, apesar da ressalva de que o excesso de proteína bruta pode levar a condições de fermentação indesejáveis no silo (VAN SOEST, 1994). Diferenças entre híbridos na concentração de PB são observadas na literatura (ALMEIDA FILHO et al., 1999), porém, essas diferenças nem sempre são facilmente detectadas (ARGILLIER e BARRIÈRE, 1996) ou são muito pequenas (BARRIÈRI et al., 1997) para que sejam consideradas na prática. Diferenças significativas entre híbridos foram observadas neste experimento, no entanto, a interação ano×local exerceu um efeito global sobre os híbridos, ora diminuindo, ora aumentando o patamar médio do teor de PB de forma sistemática. A resposta dos híbridos quanto ao teor médio de PB em um determinado local não se manteve entre os anos; há, porém, uma inversão, quando em um ano, um local foi mais favorável para os híbridos, enquanto que

no segundo ano, nesse mesmo local, as condições ambientais foram menos favoráveis para os híbridos.

Um dos principais fatores que influencia o teor de PB é a adubação nitrogenada (O'LEARY e REHM, 1990; VAN SOEST, 1994). A adubação adotada neste experimento foi semelhante em todos os anos e locais, no entanto, o solo exerce efeito sobre as plantas forrageiras de forma semelhante ao da adubação. Plantas forrageiras crescendo sob semelhante condição climática, mas em solos diferentes, podem apresentar composição diferente quando comparadas em um mesmo estágio fisiológico (VAN SOEST, 1994).

Diferente de Campos dos Goytacazes, em cada ano de cultivo em Itaocara, os híbridos de milho foram cultivados em áreas diferentes dentro da área Experimental, que também foi utilizada para o cultivo de outras culturas. O cultivo de outras culturas, anteriores ao cultivo dos híbridos de milho, pode ter alterado as características físicas e químicas do solo. Tal fato pôde, em algum momento, ter influenciado a resposta dos milhos plantados em Itaocara e por isso o efeito da interação local×ano ter se exacerbado. Aliado a este fato, a área experimental em Itaocara apresenta manchas de solo com características diferentes, o que pode ter sido evidenciado para variâncias significativas de blocos dentro dos respectivos locais. Em Campos dos Goytacazes, a área experimental é destinada ao plantio de milho (milho grão, pipoca, doce, verde ou milho para silagem), e os restos da cultura após avaliação nem sempre são deixados na área para a ciclagem de nutrientes. Quando a planta inteira é colhida, a remoção de nutrientes do solo é maior do que quando apenas os grãos são retirados, o que diminui a disponibilidade de nutrientes no solo com o passar do tempo. Uma vez que não era realizada a análise de solo entre os anos de plantio, a adubação não foi ajustada para os elementos minerais residuais da cultura anterior. Desta forma, apesar de a adubação ter sido a mesma entre locais e durante os anos, possíveis diferenças na concentração de nutrientes no solo podem ter ocorrido e por isso podem ter sido detectadas.

Diferenças suficientes de solo podem ter ocorrido entre locais e anos, o que influenciou o teor de PB dos híbridos. Fato este que pode também explicar o efeito da interação ano×local para o teor de MM. A maior concentração de MM observada para o híbrido 23 no segundo ano de plantio em Itaocara pode ter sido contaminação por terra nas amostras.

Em termos nutricionais, os constituintes vegetais podem ser divididos dicotomicamente em conteúdo celular e parede celular (matéria orgânica fibrosa). Essa divisão é feita pelo fato de o conteúdo celular ser uniformemente e completamente

digerido, enquanto que a digestibilidade da parede celular é variável (VAN SOEST, 1967; HUHTANEN et al., 2006). Portanto, a digestibilidade da MS pode ser expressa como função da concentração de parede celular. Por sua vez, a digestibilidade da parede celular é uma função da composição da própria parede celular, principalmente a concentração e composição da LDA. Com isso, qualquer fator que influencie na concentração e composição da parede celular afeta a qualidade da forragem (ELLIS, 1978; VAN SOEST, 1965; 1967; 1994; JUNG, 2000; 2012).

Diferenças significativas para o teor de aFDN<sub>mo</sub> (MERTENS, 2002; UDÉN et al., 2005) da planta inteira foram observadas entre os híbridos avaliados. No entanto, não foram observados efeitos de local, pois as diferenças detectadas foram entre híbridos e diferenças sistemáticas entre os anos sobre o teor de aFDN<sub>mo</sub>. Tal fato implica ser possível indicar um híbrido que seria adequado para ambos os locais; ressalva deve ser feita quanto à magnitude da resposta média dos híbridos para os anos em virtude de seu efeito sistemático sobre o teor de fibra nos híbridos. Contudo, foi possível observar que a qualidade da aFDN<sub>mo</sub> foi influenciada não só pelos fatores híbrido e ano, mas também pelo local, uma vez que a concentração de LDA e a relação LDA/aFDN<sub>mo</sub> foram afetadas globalmente pelo local de cultivo. A relação LDA/aFDN<sub>mo</sub> é um dos fatores determinantes da extensão de digestão da fibra (CHANDLER et al., 1980; WEISS, 1993; VIEIRA et al., 2012).

A concentração de aFDN<sub>mo</sub> é afetada pela precipitação pluviométrica e temperatura. Em regime baixo de chuvas, a concentração de aFDN<sub>mo</sub> tende a ser menor (WIERSMA et al., 1993). Na condição de déficit hídrico, o crescimento é afetado em maior extensão do que a fotossíntese, o que pode levar a um acúmulo de carboidratos não fibrosos no tecido vegetal e diminuir a concentração de aFDN<sub>mo</sub> (HATTENDORF et al., 1988; BARKER et al., 1993). Em condições de seca, o desenvolvimento das plantas tende a ser atrasado, conseqüentemente, a planta atinge tardiamente a maturidade e tem o seu estágio vegetativo prolongado, o que acarreta plantas de melhor valor nutricional. Em altas temperaturas, contudo, os produtos fotossintéticos são rapidamente convertidos em componentes estruturais (VAN SOEST, 1994). O teor de umidade no solo e a temperatura do ar interagem produzindo respostas diferentes na concentração de aFDN<sub>mo</sub>. Em altas temperaturas, maiores concentrações de aFDN<sub>mo</sub> são observadas em solos mais úmidos, quando comparados a solos com menor teor de umidade (ISHIKAWA et al., 2016).

Como observado, tanto a temperatura como os índices pluviométricos e a interação entre eles afetam a concentração de aFDN<sub>mo</sub>. Uma vez que se buscou corrigir

o déficit hídrico com a irrigação em ambos os locais e não foram observadas condições extremas de seca, é possível que o principal fator a ter afetado a concentração de aFDN<sub>mo</sub> decorra de diferenças na temperatura do ar. Essas diferenças podem ter sido grandes o suficiente entre os anos de avaliação, o que permite explicar o efeito de ano sobre a concentração de aFDN<sub>mo</sub>.

De forma semelhante, o efeito de local e ano sobre a concentração de LDA e, conseqüentemente, a relação LDA/aFDN<sub>mo</sub> podem ser associados às diferenças na temperatura do ar, uma vez que a concentração de LDA é influenciada pela temperatura. Aumento de 2,8% para 5,0% no teor de lignina presente nos colmos de plantas de milho foi observado quando as plantas cresceram em regimes de temperatura diferentes, isto é, de 12 a 18 °C e de 24 a 30 °C; menores temperaturas geralmente são associadas a menores teores de lignina (CONE e ENGELS, 1990).

O teor de NDS é dado pela subtração  $NDS = 1000 - aFDN_{mo}$  e corresponde aos sólidos solúveis em detergente neutro, ou seja, em grande medida representa o conteúdo celular. Portanto, como híbridos e anos influenciaram o teor de aFDN<sub>mo</sub>, observou-se que os mesmos fatores afetaram a concentração de NDS, mas em magnitudes no sentido oposto.

A GB é 2,4 vezes mais energética do que os carboidratos, logo, um aumento no teor de GB aumentaria a densidade energética da silagem de milho. Na literatura não há relato dos possíveis fatores que influenciam o teor de GB do milho, a não ser o próprio material genético. Na planta de milho, a maior concentração de GB encontra-se no grão, logo uma maior proporção de grãos pode acarretar maior concentração de GB na planta. A produção de grãos também foi influenciada pelo fator ano, o que pode então, explicar o efeito de ano sobre o teor de GB.

A análise da composição química em mais de um local e por mais de um ano permite avaliar qual ou quais fatores, isto é, híbridos, locais, anos e suas interações afetam a composição química. Entretanto, na seleção de híbridos para a silagem, o que se busca é o rendimento por área, de modo que apesar de diferenças significativas entre híbridos para determinado componente químico, o impacto de tais componentes perde importância quando essas diferenças não são mantidas nas avaliações para produção. Como observado por Johnson et al. (1997), diferenças significativas para o teor de PB foram observadas entre híbridos, no entanto, não foram observadas diferenças na produção de PB por unidade de área, uma vez que o híbrido de menor teor de PB apresentou maior produção por área.

Além da avaliação do valor nutricional do milho, uma consideração a mais é a necessidade de se avaliar o desempenho de híbridos de milho para a produção de silagem quanto às variações existentes para a produção da planta inteira.

A produção por área dos híbridos avaliados sofreu efeito da interação tripla para o rendimento de matéria natural por hectare. Argillier et al. (1994), ao buscarem uma interpretação biológica para o efeito da interação sobre a produção de biomassa de milho de diferentes ciclos, observaram que esta era devido a maturidade e fatores limitando o crescimento, como susceptibilidade ao acamamento e deficiência hídrica, porque o nível desses estresses é variável entre ambientes e a resposta dos genótipos é diferente. Portanto, a interação observada pode ter ocorrido porque um ou mais de um fator que limita o crescimento do milho pode ter se apresentado em condição subótima ou superótima em termos de estímulo do crescimento do mesmo e o nível de incidência desses possíveis agentes estressores pode ter variado entre locais e anos, o que resultou em diferentes respostas entre híbridos.

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela disponibilidade de água, pela temperatura e pela radiação solar. A planta de milho precisa acumular quantidades distintas de energia ou simplesmente unidades calóricas necessárias a cada etapa de crescimento e desenvolvimento. Essas exigências calóricas se referem ao comprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização. Quedas no rendimento forrageiro podem ocorrer em elevadas temperaturas devido a um curto período de enchimento de grãos, em virtude da diminuição do ciclo da planta (CRUZ et al., 2006). Uma vez que se procurou corrigir qualquer déficit hídrico, a temperatura pode ter sido o principal fator a influenciar na performance dos híbridos, não só por diferenças na temperatura entre locais, mas também por diferenças entre locais e anos em que as plantas foram cultivadas.

O conhecimento do rendimento na matéria natural permite ao produtor dimensionar a área de plantio e o tamanho do silo, mas, o critério utilizado na seleção de milho para silagem deve ser a produção de MS por hectare, pois indica a produção de nutrientes por área. Os híbridos deste estudo apresentaram diferenças significativas para a DM<sub>Y</sub>ha, a qual foi influenciada pelo efeito global da interação local×ano, ora diminuindo, ora aumentando o patamar médio do DM<sub>Y</sub>ha de forma sistemática. A performance dos híbridos quanto ao DM<sub>Y</sub>ha em um determinado local não se manteve entre os anos; há, porém, uma inversão, quando em um ano, para um local foi mais favorável para os híbridos, enquanto que no segundo ano, nesse mesmo local, as

condições ambientais foram menos favoráveis para os híbridos; para cada combinação ano×local há uma resposta média global dos híbridos que, por sua vez, apresentaram algumas diferenças entre si.

Embora não pareça existir relação entre o conteúdo de grãos, o valor nutritivo (HUNT et al, 1993) e a produção da planta inteira (LEASK e DAYNARD, 1973; FAIREY, 1980), uma maior participação de grãos na massa ensilada se traduz em maior conteúdo de energia metabolizável e energia líquida de produção (WOODY et al., 1983), o que acarreta maior desempenho animal (PHIPPS et al., 1979; WOODY et al., 1983). Então, o uso da produção de grãos como único critério de qualidade na hora de selecionar um híbrido não se justifica, mas não diminui a importância da participação de grãos na massa ensilada.

Tanto para Ygha, DMYgha e a relação DMGratio houve efeito de híbrido e de ano. Variações na produção de grãos devido a ano são maiores do que as observadas para produção de MS/ha (VATTIKONDA E HUNTER, 1993). No entanto, também são observadas diferenças entre locais, para produção forrageira e de grãos, quando a produção é avaliada em um mesmo ano, mas em vários locais (FAIREY, 1980). Tais fatos se verificaram no presente estudo para diversas variáveis relativas ao rendimento e à composição bromatológica dos milhos avaliados.

Em locais onde as unidades calóricas necessárias a cada etapa de crescimento e desenvolvimento são baixas, a menor temperatura do ar reduz a taxa de desenvolvimento e permite maior desenvolvimento vegetativo para o milho (FAIREY, 1980). Por outro lado, pode ser observada uma redução na duração do ciclo do milho por causa do encurtamento da fase vegetativa. Este encurtamento do ciclo se deve ao aumento dos incrementos das unidades calóricas associado à época de semeadura. Portanto, a temperatura durante a fase de crescimento determinada pela época de semeadura acaba por influenciar o rendimento granífero (GADIOLI et al., 2000).

Em condições hídricas ideais, a temperatura influencia o rendimento de grãos e de parte vegetativa, pois determina o tempo necessário para a planta completar determinada fase fenológica ou mesmo seu ciclo completo (PRETT, 1992). A temperatura em que a planta de milho é exposta em cada estágio fenológico é influenciada pela época de semeadura (GADIOLI et al., 2000).

Além das possíveis flutuações na temperatura do ar entre anos e locais, a época de semeadura adotada neste experimento diferiu entre anos e locais. Uma vez que a temperatura do ar influencia não só a produção de grãos, mas também o crescimento da

parte vegetativa, dado seu efeito sobre o ciclo da planta do milho, foi visyo que as condições climáticas terminaram por influenciar o teor de MS (WIERSMA et al., 1993), a resposta dos híbridos com relação aos rendimentos Yha, DMYha, Ygha, DMYgha, Ysha, DMYsha, e as proporções Ygha/Yha, DMGratio e DMSratio. Por isso é que é possível associar tais respostas às flutuações na temperatura do ar e/ou, ainda, sua interação com outros fatores ambientais, como a ocorrência de doenças.

A ocorrência de interação híbrido×local significativa é um indicador de que se deve desenvolver ou selecionar híbridos de milho particularmente adaptados a um ambiente específico. Neste experimento não foi observado o efeito da interação híbrido×local para as variáveis de rendimento ou composição química, como ocorreu efeito da interação tripla para uma série de variáveis e, inclusive, para o rendimento forrageiro, a recomendação deve se circunscrever ao local.

Ao contrário da interação híbrido×local, as implicações para interação híbrido×ano são bem diferentes, uma vez que, flutuações nas condições ambientais entre anos não podem ser previstas com antecedência e não é objetivo selecionar um híbrido que seja adaptado a uma circunstância especial que não possa ser prevista. Assim, as largas interações híbrido×ano e híbrido×local×ano indicam que dentro de uma região, onde seja provável a adaptação de um conjunto de híbridos, é essencial que os testes sejam conduzidos em uma série de locais sobre uma série de anos, o que melhora as chances de identificar híbridos adaptados a vários ambientes e melhorar a recomendação. Então, o que se busca são aqueles genótipos mais bem adaptados para suportar as variações ambientais transitórias imprevisíveis, isto é, os genótipos que se mostraram mais estáveis por conseguirem manter maiores rendimentos, apesar das flutuações imprevisíveis do meio ambiente (ALLARD e BRADSHAW, 1964).

Estabilidade, em geral, não implica constância de resposta do fenótipo a vários ambientes, mas sim aquelas características de produção e qualidade economicamente importantes que se mantêm estáveis para quaisquer ambientes (ALLARD e BRADSHAW, 1964). Neste estudo, interações significativa híbrido×ano foram observadas para as variáveis DMYsha, ADLYha e Ygha/Yha e a interação significativa híbrido×local×ano para Yha, Ysha, aFDNmoYha e para o teor de MS das plantas, o que sugere a necessidade de se avaliar os híbridos em mais locais e por uma série de anos para se atingir inferências mais acuradas em termos de recomendação, em processo contínuo de seleção.

## 7. CONCLUSÃO

A presença de interações duplas e tripla significativas implicam em variabilidade entre os híbridos, o que sugere a necessidade de se avaliar os mesmos por mais anos em mais locais, a fim de se selecionar os de maior rendimento e qualidade nutricional para a ensilagem.

O híbrido Cateto Sete Lagoas (híbrido 28), apresentou baixo potencial para a produção de silagem devido a seu alto teor de lignina, baixa produção de sólidos solúveis em detergente neutro e proporção de grãos na massa ensilada. Os demais híbridos experimentais apresentaram bom desempenho produtivo e nutricional com potencial para produção de silagem.

## 8. REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**. v. 19, p. 716-723, 1974.

ALLARD, R. W. e BRADSHAW. Implications of genoty-enviromental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**. v. 4, 503-508, 1964.

ALMEIDA FILHO, S. L., FONSECA, D. M. GARCIA., R. OBEID, J. A. e OLVEIRA, J. S. Características Agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes e silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 28, p. 7-13, 1999.

ANDRIEU, J., DEMARQUILLY, C. DARDENE, P. BARRIÈRE, Y. et al. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation. **Annales de Zootechnie**. v. 42, p. 221-249, 1993.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Washington: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990.

ARGILLIER, O. e BARRIÈRE, Y. Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize and their changes during growing season. **Maydica**. v. 41, p. 279-285, 1996.

ARGILLIER, O., BARRIÈRE, Y., PANEL, A., AIZAC, B. e HÉBERT, Y. Variability of digestibility criteria in maize elite hybrids submitted for registration in the French official catalogue. **Agronomie**. v. 18, p. 639-648, 1998.

ARGILLIER, O., HÉBERT, Y. e BARRIÈRE. Statistical analysis and interpretation of line x environment interaction for biomass yield in maize **Agronomie**. v. 14, p. 661-672, 1994.

BARKER, D.J., SULLIVAN, C.Y., e MOSER, L.E. Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and proline in five forage grasses. **Agronomy Journal** v.85, p. 270-275, 1993

BARRIÈRE, Y., ARGILLIER, O., MICHALET-DOUREAU, B., HÉBERT, Y. et al. Relevant traits, genetic variation, and breeding strategies in early silage maize. **Agronomie**. v. 17, p.395-411, 1997.

BARRIÈRE, Y., TRAINÉAU, R. EMILE, J. C. e HÉBERT, Y. Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. **Euphytica**. v.59, p. 61-72, 1992

BERNARDES, T. F. e RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal Dairy Science**. v. 97, p. 1852-1861, 2013.

BOXTON, D. R., MERTENS, D. R. e MOORE, K. J. Forage quality for ruminants: Plant and animal considerations. **The professional Animal Scientist**. V. 11, p. 121-131, 1995.

BÜLL, Leonardo Theodoro; BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. Nutrição mineral do milho. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, p. 63- 145, 1993.

BUNTING, E. S. The question of grain content and forage quality in maize: comparisons between isogenic fertile and sterile plants. **Journal Agriculture Science**. v. 85, p. 455-463, 1975.

BUXTON, D.R. e CASLER, M. D., 1993. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. In: H.G. Jung et al. (Editors), **Forage cell wall structure and digestibility**. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 685-714.

BUXTON, D.R., FALES, S.L. 1994. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy. p.155-199.

CHANDLER, J. A., JEWELL, W. J., GOSSETT, J. M., SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. Predicting methane fermentation biodegradability. **Biotechnology and Bioengineering Symposium** v.10, p. 93-107, 1980.

CONE, J.W. e ENGELS, F. M. Influence of growth temperature on anatomy and *in vitro* digestibility of maize tissues. **Journal of Agricultural Science**. v. 114, p. 207-212, 1990.

CORREA, C. E. S., SHAVER, R. D., PEREIRA, M. N., LAUER, J. G. and KOHN, K. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminal In Situ Starch Degradability. **Journal Dairy Science**. v.85, p.3008–3012, 2002.

CREVELARI, J. A. **Desenvolvimento de híbridos de milho para silagem, para o norte/noroeste fluminense**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense. Rio de Janeiro. p. 95, 2016.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 87).

DEINUM, B. e STRUIK, P. C. Genetic variation in digestibility of forage maize (*Zea mays* L.) and its estimation by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). An analysis. **Euphytica**. v. 42, p. 89-98, 1989.

DEMERQUILLY, C. AUBRY, J. e BOISSAU, J. M. Valeur alimentaire du maïs fourrage. I. Composition chimique et digestibilité du maïs sur pied. **Annales de Zootechnie**. v. 18, p. 17-32, 1969.

ELLIS, W. C. Determinants of grazed forage intake and digestibility. **Journal of Dairy Science**. v. 61, p. 1828-1840, 1978.

FANCELLI, A.L. e DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, v. 360. 2000.

FAIREY, N. A. Hybrid maturity and the relative importance of grain and stover for the assessment of the forage potential of maize genotypes grown in marginal and non-marginal environments. **Canadian Journal Plant Science**. v. 60, p. 539-545, 1980.

FERRARI, S. e CRIBARI-NETO. Beta regression for modelling rates and proportions. **Journal of Applied Statistics**. v. 31, 799-815, 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.

GADIOLI, J. L., DOURADO-NETO, D., GARCIA, A. G. e BASANTA, M. del V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**. v. 27, p. 377-383, 2000.

HALIM, R. A, BUXTON, D., HATTENDORF, J. J. e CARLSON, R. E. Water-stress effects on alfalfa quality after adjustment for maturity differences. **Agronomy Journal**. v. 81, p.189-194, 1989.

HATTENDORF, M. J., CARLSON, R. E., HALIM, R.A., e BUXTON, D. R. Crop water stress index and yield of water-deficit-stressed alfalfa. **Agronomy Journal**. v. 80 p. 871–875, 1988.

HUHTANEN, P., NOUSIAINEM, J. e RINNE, M. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. **Agricultural and Food Science**. v. 15, p. 293-3323, 2009

HUNT, C. W., KEZAR, W., HINMAN, D. D., COMBS, J. J., LOESCHE, J. A. e MOEN, T. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. **Journal Animal Science**. v. 71, p. 38-43, 1993.

HUNT, C. W., KEZAR, W. e VINANDE, R. Yeild, chiminal composition, and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by hybrid. **Journal Production Agriculture**. v. 5, p. 286-290, 1992.

HUNTER, R. B. Selection and evaluation procedures for whole-plant corn silage. **Canadian Journal Plant Science**. v. 58, p. 661-678, 1978.

ISHIKAWA, N., SUZUKI, M., MOHAMED, A., EL-FADEL, M. A. et al. Effects of temperature and soil moisture on ruminal fiber digestibility of growing maize (*Zea mays* L.). **Tropical Agriculture Development**. v. 60(2), p. 89-92, 2016.

JOHNSON, J. C. Jr., MONSON, W. G. e PETTIGREW, W. T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. **Nutrition Reports International**. v. 32, p. 953-958, 1985.

JOHNSON, J. C., GATES, R. N., NEWTON, G. L., WILSON, J. P. CHANDLER, L. D. e UTLEY, P. R. Yeild, composition, and in vitro digestibility of temperate and tropical corn hybrids grown as silage crops planted in summer. **Journal Dairy Science**. v. 80, p.550-557, 1997.

JOHNSON, V. E. Revised standards for statistical evidence. **Proceedings of the National Academy of Science**. v. 110, p. 19313-19317, 2013.

JUNG, H. J. G. Forage digestibility: The intersection of cell wall lignification and plant tissue anatomy. In: **23<sup>o</sup> Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium**, Gainesville. P. 162-173, 2012.

JUNG, H. J. G., JORGENSEN, M. A., LINN, J. G. e ENGELS, F. M. Impact of accessibility and chemical composition on cell wall polysaccharide degradability of maize and Lucerne stems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 80, p. 419-427, 2000.

KANG, M.S., GORMAN, P. D. e PHAM, H. N. Application of a stability statistic to international maize yield traits. **Theoretical and Applied Genetics**. V. 81, p. 162-165, 1991

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the

Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, p. 259-263, 2006.

LEASK, W.C. e DAYNARD, T. B. Dry matter yield, in vitro digestibility, percent protein, and moisture of corn stover following grain maturity. *Canadian Journal Plant Science*. v. 53, 515-522, 1973.

LIN, L. I. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**. v. 45, p. 255-268, 1989.

LITTELL, R. C., MILLIKEN, G. A., STROUP, W. W. WOLFINGER, R. D. e SCHABENBERGER. SAS<sup>®</sup> for mixed models. Second Edition ed. SAS Institute Inc., Cary, USA, 2006

MAGALHÃES, P. C. Fisiologia do milho. **CEP**. V. 35701, p. 970, 2002.

MAGARI, R. e KANG, M. S. Genotype selection via a new yeild-stability statistic in maize yeild traits. **Euphytica**. V. 70, p. 105-111, 1993.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MILLNER, J. P., VILLAVER, R. e HARDACRE, A. K. The yield and nutritive value of maize hybrids grown for silage. **New Zeland Journal of Agricultural Research**. v. 48, p. 101-108, 2005.

MÖLLER, J. Gravimetric determination of acid detergent fiber and lignin in feed: interlaboratory study. **Journal of AOAC International**, v. 92, p. 74-90, 2009.

MOORE, K. J. e HATFIELD, R. D. Carbohydrates and forage quality. In **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. p 229. G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R Mertens, and L. E. Moser (Eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI., 1994.

MORRIS C.F. Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness. **Plant Molecular Biology**, v. 48, p.633-647, 2002.

NELSON, C. J. e MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. p 115. G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R Mertens, and L. E. Moser (Eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI., 1994.

O'LEARY, M. J. e REHM, G. W. Nitrogen and sulfur effects on the production of corn grown for grain and silage. **Journal Production Agricultural**. v. 3, p.135-140, 1990.

PHILIPPEAU, C., F. LE DESCHAULT DE MONREDON, and MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal Animal Science** v.77, p.238– 243, 1999.

PHILLIPPEAU, C. and MICHALET-DOREAU, B. Influence of Genotype and Ensiling of Corn Grain on In Situ Degradation of Starch in the Rumen. **Journal Dairy Science**. v.81, p. 2178-2184, 1998

PHIPPS, R. H., WELLER, R. F. e FULFORD, R. J. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 3. The effect of grain content on milk production. **Journal Agricultural Science**. v. 92, p. 493-498, 1979.

PRETT, S. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. **Canadian Journal of Plant Science**, v.72, p.1157-1162, 1992.

ROTH, G. W. Hybrid quality and yeild differences for corn silage in Pennsylvania. **Journal Production Agriculture**. v. 7, p. 50-54, 1994.

SNAYDON, R. W. The productivity of C3 and C4 plants: A reassessment. **Functional Ecology**. v. 5, p. 321-330, 1991.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J., FOX, D. G. e RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating catttle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**. v. 70, p. 3562-3577, 1992.

STROUP, W. W. **Generalized linear mixed models: Modern concepts, methods and application**. Taylor &Francis Group, LLC, Boca Raton, 2013.

STRUIK, P. C., DEINUM, B. e HOEFSLOOT, J. P. M. Effects of temperature during different stages of development and digestibility of forage maize (*Zea mays* L.). **Netherlands Journal of Agricultural Science**. v. 33, p. 405-420, 1985.

THIEX, N. J.; ANDERSON, S.; GILDEMEISTER, B. Crude fat, hexanes extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/Soxtec/Submersion Method): Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 86, p. 899-908, 2003.

THIEX, N. J.; MANSON, H.; ANDERSON, S.; PERSSON, J.-Á. Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 309-317, 2002.

THOMAS, E.D, MANDEBVU, P., BALLARD., SNIFFEN, C. J., CARTER, M. P. e BECK, J. Comparison fo corn silage hybrids for yeild, nutriente composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. **Journal Dairy Science**. v. 84, p. 2217-2226, 2001.

UDÉN, P, ROBINSON, P. H. e WISEMAN. Use of detergent system terminology and criteria for submission of manuscripts on new, or revised, analytical methods as well as descriptive information on feed analysis and/or variability. **Animal Feed Science and Technology**. v. 118-186, 2005.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. **Journal of Animal Science**. v.26, p.119-128, 1967

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca. Cornell University Press, 1994, 476 p.

VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **Journal Animal Science**., v.24, p.834-844, 1965.

VATTIKONDA, M. R e HUNTER, R. B. Comparison of grain yeild and whole-plant silage production of recommended corn hybrids. **Canadian Journal Plant Science**. v.63, p. 601-609, 1983.

VERBIC, J., STEKAR, J. M. A. RESNIK-CEPON, M. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breending. **Journal Animal Science and Technology**. v. 54, p. 133-148, 1995.

VIEIRA, R. A. M., CAMPOS, P. R. S. S., da SILVA, J. F. C., TEDESCHI, L. O. e TAMY, W. P. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages *in situ*. **Animal Feed Science and Technology**. v. 171, p. 154-166, 2012.

VONESH, E. F. 2012. Generalized linear and nonlinear models for correlated data: theory and applications using SAS®. SAS Institute Inc., Cary.

VONESH, E. F., CHINCHILLI, V. M. e PU, K. Goodness-of-fit in generalized nonlinear mixed-effects models. **Biometrics**. v.52, p. 572-587, 1996.

WIERSMA, D. W, CARTER, P. R., ALBRECHT, K. A. e COORS, J. G. Kernel milkline stage and corn forage Yield, quality, dry matter content. **Journal Production Agriculture**. v. 6, p. 94-99, 1993.

WOODY, H. D., FOX, D. G. e BLACK, J. R. Predicting energy value of corn silage varying in grain content. **Journal Animal Science**. v. 57, p. 710-716, 1983.

WOLF, D. P., COORS, J. G., ALBRECHT, K. A., UNDERSANDER, D. J. and CARTER P. R. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**. v. 33, p. 1353-1359, 1993.

WOLF, D. P., COORS, J. G., ALBRECHT, K. A., UNDERSANDER, D. J. and CARTER P. R. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**. v. 33, p. 1359-1365, 1993b.

WOLFINGER, R. D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics – Simulation and Computation**. v. 22, p. 1079-1106.

XU, S., FARRISON, J. H., KEZAR, W. ENTRIKIN, N., LONEY, K. A. e RILEY, R. E. Evaluation of yeild, quality, and plant composition of early-maturing cor hybrids harvested at three stages of maturity. **Professional Animal Scientist**. v.11, p. 157-165, 1995.