

## COMPOSIÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS

*(Composition of sugarcane for animal feeding with the application of diazotrophic bacteria)*

Ester Schiavon MATOSO<sup>1\*</sup>; Sergio Delmar dos Anjos e SILVA<sup>2</sup>;  
Anita Ribas AVANCINI<sup>1</sup>; Nidria Dias CRUZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Campus Universitário, s/n, Capão do Leão/RS. CEP: 96.160-000; <sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado; <sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (UFPel).

\*E-mail: [ester\\_schiavon@hotmail.com](mailto:ester_schiavon@hotmail.com)

### RESUMO

A cana-de-açúcar pode ser empregada na alimentação animal devido ao seu alto rendimento de matéria seca. No entanto, há muitas recomendações para evitar o emprego como alimento para animais de bom potencial genético, pois apresenta baixo teor proteico e de minerais, bem como e fibra de baixa qualidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de uma mistura de cinco bactérias diazotróficas (*Gluconacetobacter diazotrophicus*; *Herbaspirillum seropedicae*; *Herbaspirillum rubrisubalbicans*; *Paraburkholderia tropica*; *Nitrospirillum amazonense*) e da adubação nitrogenada sobre a produção, maturação e composição químico-bromatológica de cinco variedades de cana-de-açúcar com potencial para serem empregadas na alimentação animal. Os tratamentos foram formados conforme a combinação dos cinco genótipos de cana-de-açúcar (RB867515, RB966928, RB106814, RB106818 e RB106819) com quatro condições de inoculação e adubação nitrogenada em cobertura. Os teores de sólidos solúveis totais foram determinados dos 180 dias após o transplante até a colheita do experimento, onde foi avaliada a produtividade e a amostragem de material foi coletada para as avaliações químico-bromatológicas: matéria seca, nitrogênio acumulado, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, holocelulose, celulose, hemicelulose, lignina, extrativos totais e cinzas. De acordo com os resultados deste estudo, conclui-se que a aplicação de bactérias diazotróficas de forma isolada ou em conjunto com a adubação nitrogenada, aumenta a produtividade e os sólidos solúveis totais, antecipando a maturação, além de melhorar a composição químico-bromatológica das plantas de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Alimentação animal, digestibilidade, fibras, sólidos solúveis totais.

### ABSTRACT

*Sugarcane can be used in animal feed due to its high dry matter yield. However, there are many recommendations to avoid its use as food for animals with good genetic potential, since it has a low contents of protein and minerals, as well as fiber of low quality. Therefore, this work aimed to evaluate the effects of applying a mixture of five diazotrophic bacteria (*Gluconacetobacter diazotrophicus*; *Herbaspirillum seropedicae*; *Herbaspirillum rubrisubalbicans*; *Paraburkholderia tropica*; *Nitrospirillum amazonense*) and nitrogen fertilization on the production, maturation, and chemical-bromatological composition of five sugarcane varieties with potential to be used in animal feed. The treatments were formed according to the combination of the five sugarcane genotypes (RB867515, RB966928, RB106814, RB106818, and RB106819) with four conditions of inoculation and nitrogen fertilization in coverage. The levels of total soluble solids were determined from 180 days after transplantation until the harvest of the experiment, where productivity was evaluated and the sample material was collected for chemical-bromatological evaluations: dry matter, accumulated nitrogen, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, holocellulose, cellulose, hemicellulose, lignin, total extracts, and ashes. According to the results of the present study, it is concluded that the application of diazotrophic bacteria alone or in conjunction with nitrogen fertilization, increases productivity and total soluble solids, anticipating maturation, in addition to improving the chemical-bromatological composition of sugarcane plants.*

**Keywords:** Animal feed, digestibility, fiber, total soluble solids.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar pode ser empregada na alimentação animal, de forma *in natura* ou ensilada, devido ao seu alto rendimento de matéria seca. No entanto, a cana apresenta desafios na produção de silagem devido ao alto teor de carboidratos solúveis e leveduras (ÁVILA *et al.*, 2010), que convertem parte dos açúcares em altos níveis de compostos orgânicos voláteis, principalmente etanol, o que resulta em grandes perdas de matéria seca. A cana produz massa seca, mas para produzir silagem existe o desafio de perder essa massa seca, através da produção de etanol. (DANIEL *et al.*, 2013) Além disso, há muitas recomendações para que a cultura não seja indicada como alimento para animais de bom potencial genético, pois apresenta baixo teor proteico e de minerais, e fibra de baixa qualidade (SIQUEIRA *et al.*, 2012).

Contudo, acredita-se que a aplicação de bactérias diazotróficas endofíticas pode proporcionar mudanças na histologia dos tecidos vegetais, como a deposição das células do mesofilo, parênquima e esclerênquima, que têm diferentes paredes celulares e concentrações do conteúdo celular. Alterações anatômicas morfológicas e histológicas afetam o teor de proteína bruta, os carboidratos estruturais e solúveis, a energia e outros nutrientes que são essenciais para a nutrição animal (SKONIESKI *et al.*, 2017).

Além disso, elas podem auxiliar no desenvolvimento vegetal, promover o crescimento radicular (SCHULTZ *et al.*, 2014; CHAVES *et al.*, 2015), melhorar a absorção de nutrientes (BARRETTI *et al.*, 2008) e promover a fixação biológica de nitrogênio, resultando na promoção de crescimento, aumento da produtividade e diminuição da dependência da cana-de-açúcar pela adubação nitrogenada (MALAVOLTA, 2006).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de uma mistura de cinco bactérias diazotróficas e da adubação nitrogenada sobre a produção, maturação e composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do local e preparo da área experimental

O experimento foi realizado na área experimental da Embrapa Clima Temperado (Sede), em Pelotas/RS, cujas coordenadas são 31° 40' 16" S e 52° 26' 28". Antecipando o transplante das mudas para o campo, foi realizada uma adubação de correção com dose recomendada de nitrogênio, fósforo e potássio (20 kg ha<sup>-1</sup>, 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 130 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e foi efetuado o preparo do solo da área experimental para o transplante das mudas, que foi realizado de forma manual, utilizando-se uma ferramenta do tipo saraquá. No decorrer do experimento, foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup>, apenas nos tratamentos em que deveria conter essa dose. Além disso, foram efetuados os devidos controles de plantas daninhas para que o cultivo da cana-de-açúcar fosse em ambiente limpo, livre de competições.

### Delineamento experimental e avaliações desenvolvidas

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, onde os fatores foram arranjos em um esquema fatorial 5x4, totalizando 20

tratamentos e 80 parcelas, compostas por três linhas de três metros. Os tratamentos foram formados conforme a combinação dos cinco genótipos de cana-de-açúcar (RB867515, RB966928, RB106814, RB106818 e RB106819) com quatro condições de inoculação e adubação nitrogenada em cobertura, aqui denominadas de tratamentos aplicados, e sendo elas: CBSN - com bactérias; SBCN - com adubação nitrogenada (dose recomendada); e CBCN - com bactérias + adubação nitrogenada e SBSN - controle sem nenhum tipo de tratamento. As espécies de bactérias diazotróficas utilizadas para compor os tratamentos foram: *Gluconacetobacter diazotrophicus*; *Herbaspirillum seropedicae*; *Herbaspirillum rubrisubalbicans*; *Paraburkholderia tropica*; e *Nitrospirillum amazonense*.

Quanto às avaliações, foram realizadas medidas de sólidos solúveis totais (Brix) dos 180 dias após o transplante até a colheita do experimento, onde foi avaliada a produtividade e feita a amostragem de material para as avaliações químico-bromatológicas. Para esse fim, foram analisadas as seguintes variáveis: nitrogênio acumulado, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), holocelulose (HOL), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), extrativos totais (ET) e cinzas (CZ).

Os sólidos solúveis totais (SST) foram medidos com o auxílio de um refratômetro digital e para avaliar a produtividade foram cortadas duas touceiras em sequência, na linha central da parcela e na parte central da linha, as quais foram pesadas com auxílio de balança digital. A biomassa total foi conhecida através da pesagem das touceiras inteiras e da aplicação da fórmula  $BT = (PT \times ([100/E] \times 100)/1000)$ , onde PT se refere a massa de duas touceiras inteiras com colmos e folhas (kg) e E se refere ao espaçamento (1,4m). A massa seca foi determinada pelo método de secagem convencional e a determinação do conteúdo de cinzas pelo procedimento de laboratório do Instituto Agrônomo (ABREU, 2007).

A holocelulose foi determinada a partir da oxidação da lignina em um meio ácido, proveniente da reação entre clorito de sódio e ácido acético a quente. Já a celulose segundo a norma TAPPI T 203cm-99 (2009), foi determinada a partir da fração de holocelulose que não se dissolveu em solução aquosa a 17,5% (m/v) de hidróxido de sódio (TAPPI, 1999). Depois de conhecidos os valores de holocelulose e de celulose dos tratamentos, pôde-se, por meio do cálculo da diferença, determinar o teor de hemicelulose. A Fibra Detergente Neutro (FDN) corresponde à celulose, hemicelulose e lignina e a Fibra Detergente Ácido (FDA) representa apenas as frações celulose e lignina.

O nitrogênio acumulado foi determinado através da análise do tecido vegetal, com amostra sólida em Analisador Elementar (Flash EA1112, Thermo Electron Corporation, Milan, Italy). Essa técnica se baseia no método de Pregal e Dumas, onde as amostras são queimadas em um ambiente de oxigênio puro, e os gases resultantes dessa combustão são carregados por hélio de alta pureza (um gás inerte) até a zona de detecção (CARMO *et al.*, 2000). E a proteína bruta foi determinada através da multiplicação do total de nitrogênio por 6,25, pois as proteínas têm em média 16% de N no aminoácido.

### **Análise Estatística**

Os dados gerados no experimento foram submetidos à análise de pressupostos e, em seguida, esses foram submetidos à análise de variância. Em caso de significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O tempo

(meses) foi incluído como um fator aleatório no modelo para sólidos solúveis totais, com o intuito de se observar as curvas de maturação de cada tratamento, portanto, os resultados foram apresentados de forma gráfica e de acordo com as equações de regressão linear de ajuste para cada tratamento, elaborados no programa SigmaPlot (versão 10.0).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se pode observar nas tabelas 01 e 02, com a aplicação do teste F da análise de variância, identificou-se o efeito isolado das variedades de cana-de-açúcar (Tab. 01) e dos tratamentos aplicados (Tab. 02) para conteúdo de cinzas, holocelulose, celulose e relação FDN/SST. Já em relação ao nitrogênio acumulado e à proteína bruta, as plantas responderam somente para a variedade utilizada, e nas demais características analisadas, houve interação entre os fatores (variedade x tratamento aplicado).

**Tabela 01:** Produção e composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar em função da aplicação de bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada<sup>1</sup>.

	Variedades				
	RB867515	RB966928	RB106814	RB106818	RB106819
<b>SST</b>	18,94	20,70	19,19	18,97	20,35
<b>BT</b>	64,40	66,59	72,77	63,17	75,05
<b>MS</b>	13,08	15,60	14,85	15,73	17,05
<b>CZ</b>	63,47 <sup>b</sup>	75,19 <sup>a</sup>	80,63 <sup>a</sup>	62,76 <sup>b</sup>	51,87 <sup>c</sup>
<b>N</b>	6,51 <sup>ab</sup>	5,83 <sup>b</sup>	6,43 <sup>ab</sup>	6,37 <sup>ab</sup>	7,03 <sup>a</sup>
<b>PB</b>	40,70 <sup>ab</sup>	36,47 <sup>b</sup>	40,18 <sup>ab</sup>	39,82 <sup>ab</sup>	43,94 <sup>a</sup>
<b>ET</b>	152,61	177,00	145,03	136,47	151,90
<b>HOL</b>	394,50 <sup>ab</sup>	348,25 <sup>b</sup>	386,51 <sup>ab</sup>	402,48 <sup>a</sup>	374,81 <sup>ab</sup>
<b>CEL</b>	224,18 <sup>ab</sup>	219,34 <sup>ab</sup>	233,20 <sup>ab</sup>	249,53 <sup>a</sup>	218,31 <sup>b</sup>
<b>HEM</b>	170,31	128,90	152,31	152,95	156,50
<b>LIG</b>	152,61	172,89	221,64	187,65	219,75
<b>FDA</b>	376,24	392,24	454,84	437,18	438,05
<b>FDN</b>	546,56	521,15	607,15	590,13	594,56
<b>FDN/SST</b>	2,85 <sup>ab</sup>	2,51 <sup>b</sup>	3,18 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	3,02 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si, comparando as variedades pelo teste de Tukey (p≤0,05).

O conteúdo de cinzas foi superior nas variedades RB106814 e RB966928, assim como nos tratamentos CBCN, SBCN e SBSN, enquanto o tratamento onde se efetuou apenas a aplicação de bactérias diazotróficas apresentou a menor quantidade de cinzas.

O nitrogênio acumulado e a proteína bruta não apresentaram diferença entre os tratamentos aplicados e foram superiores na RB106819 e demais variedades, diferenciando-se apenas da RB966928. O mesmo ocorreu para as frações de holocelulose e celulose em relação às variedades, no entanto, a holocelulose foi superior no tratamento CBSN e a celulose foi semelhante em quase todos os tratamentos, com exceção do CBCN que apresentou a menor quantidade.

**Tabela 02:** Produção e composição químico-bromatológica de cana-de-açúcar\*.

	Tratamentos			
	CBCN	CBSN	SBCN	SBSN
<b>SST</b>	20,65	20,04	18,86	18,97
<b>BT</b>	72,57	70,30	66,59	64,14
<b>MS</b>	19,44	17,68	11,86	12,06
<b>CZ</b>	68,75 <sup>a</sup>	41,72 <sup>b</sup>	72,18 <sup>a</sup>	84,50 <sup>a</sup>
<b>N</b>	6,86	6,09	6,31	6,46
<b>PB</b>	42,90	38,10	39,45	40,42
<b>ET</b>	155,25	152,61	148,33	154,21
<b>HOL</b>	368,39 <sup>b</sup>	406,42 <sup>a</sup>	371,47 <sup>b</sup>	378,17 <sup>b</sup>
<b>CEL</b>	213,32 <sup>b</sup>	234,27 <sup>a</sup>	238,70 <sup>a</sup>	229,35 <sup>a</sup>
<b>HEM</b>	155,07	172,14	132,76	148,82
<b>LIG</b>	178,67	182,49	202,53	199,49
<b>FDA</b>	392,00	416,76	441,23	428,84
<b>FDN</b>	547,07	588,91	573,99	577,66
<b>FDN/SST</b>	2,61 <sup>b</sup>	2,91 <sup>ab</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,16 <sup>a</sup>

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si, comparando os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A relação fibra/açúcar (FDN/SST) é um bom parâmetro para avaliar a qualidade da planta para uso na alimentação animal, sendo que quanto menor for essa relação, melhor a qualidade (MAGALHÃES *et al.*, 2018). Entre as variedades, observou-se que a RB966928 apresentou a menor FDN/SST, seguida da RB867515 e RB106819; e quanto aos tratamentos aplicados, os melhores resultados foram apresentados pela CBCN seguido do CBSN.

Interações entre as variedades e os tratamentos aplicados foram observadas para sólidos solúveis totais, produção de BT e MS; e também, para hemicelulose, lignina, FDA e FDN (Tab. 03).

Em relação aos sólidos solúveis totais (SST), a variedade RB867515 foi positivamente influenciada pela aplicação de bactérias e pela adubação nitrogenada, tanto em conjunto quanto utilizada separadamente. Enquanto a RB106818 respondeu apenas à aplicação de bactérias de forma isolada e quando utilizada junto da adubação nitrogenada. Já quando comparadas as variedades entre elas, observou-se que nos tratamentos contendo bactérias não houve diferenças, mas nos tratamentos SBCN e SBSN os maiores teores de SST foram apresentados pela variedade RB966928, que se diferenciou apenas da RB106818 nesses dois tratamentos e também, da RB867515 no controle SBSN.

A biomassa total, de forma geral, foi superior nos tratamentos CBCN, com exceção da variedade RB867515. No tratamento CBSN a maior produção foi apresentada pela RB106819, seguida da RB106814. No SBCN novamente a RB106819 apresentou a maior BT e no controle SBSN ela também apareceu como uma das mais produtivas, sendo, portanto, uma variedade que apresenta um bom crescimento vegetativo e que responde tanto à aplicação de bactérias quanto à adubação nitrogenada.

**Tabela 03:** Interação entre as variedades e os tratamentos aplicados na produção e composição químico-bromatológica de plantas de cana-de-açúcar.

Variedades	CBCN		CBSN		SBCN		SBSN	
	<b>Sólidos solúveis totais, Brix</b>							
<b>RB867515</b>	20,22	aA	19,12	aA	19,15	abA	17,25	bB
<b>RB966928</b>	21,20	aA	20,90	aA	20,83	aA	19,87	aA
<b>RB106814</b>	20,25	aA	19,27	aAB	18,10	abB	19,15	abAB
<b>RB106818</b>	20,82	aA	19,67	aA	17,48	bB	17,90	bB
<b>RB106819</b>	20,75	aA	21,22	aA	18,78	abB	20,65	aA
	<b>Biomassa total, ton.ha<sup>-1</sup></b>							
<b>RB867515</b>	53,38	bA	66,68	bA	74,55	aA	63,00	abA
<b>RB966928</b>	78,93	aA	68,51	bA	62,56	bA	56,37	bA
<b>RB106814</b>	78,03	aA	72,36	abA	64,14	bA	76,56	aA
<b>RB106818</b>	78,58	aA	59,50	bA	54,43	cA	60,20	bA
<b>RB106819</b>	73,94	aA	84,44	aA	77,26	aA	64,58	abA
	<b>Massa seca, ton.ha<sup>-1</sup></b>							
<b>RB867515</b>	17,62	aA	14,58	bB	10,52	abC	9,70	cC
<b>RB966928</b>	18,84	aA	25,30	aA	9,47	bB	8,79	cB
<b>RB106814</b>	14,08	aA	15,83	bA	12,77	abA	16,70	aA
<b>RB106818</b>	23,20	aA	14,01	bB	12,93	abB	12,77	bB
<b>RB106819</b>	23,48	aA	18,70	bB	13,60	aC	12,43	cC
	<b>Hemicelulose, g.kg<sup>-1</sup> de MS</b>							
<b>RB867515</b>	211,97	aA	158,23	aA	139,67	aA	171,40	aA
<b>RB966928</b>	162,49	abA	176,54	aA	79,92	bB	132,40	aA
<b>RB106814</b>	173,14	aA	159,04	aA	143,47	aA	133,60	aA
<b>RB106818</b>	144,38	bA	152,02	aA	148,31	aA	167,07	aA
<b>RB106819</b>	119,08	bB	214,88	aA	152,43	aB	139,63	aB
	<b>Lignina, g.kg<sup>-1</sup> de MS</b>							
<b>RB867515</b>	143,87	bA	155,03	aA	141,84	bA	167,48	bA
<b>RB966928</b>	126,77	bB	173,51	aA	176,15	abA	179,43	abA
<b>RB106814</b>	154,12	abB	171,27	aAB	257,62	aAB	303,54	aA
<b>RB106818</b>	242,62	aA	185,41	aAB	177,73	abB	144,82	bB
<b>RB106819</b>	190,27	aA	227,25	aA	259,30	aA	202,17	abA
	<b>Fibra em detergente ácido, g.kg<sup>-1</sup> de MS</b>							
<b>RB867515</b>	341,98	bA	376,76	aA	376,28	bA	409,93	aA
<b>RB966928</b>	388,28	abA	375,25	aA	413,85	abA	391,58	aA
<b>RB106814</b>	371,77	abB	416,50	aAB	500,82	aA	530,26	aA
<b>RB106818</b>	472,87	aA	451,69	aA	431,18	abA	392,98	aA
<b>RB106819</b>	385,08	abB	463,64	aAB	484,04	aA	419,47	aAB
	<b>Fibra em detergente neutro, g.kg<sup>-1</sup> de MS</b>							
<b>RB867515</b>	553,95	aA	534,99	bA	515,96	bA	581,33	aA
<b>RB966928</b>	515,05	aB	551,79	bA	493,78	bB	523,98	aAB
<b>RB106814</b>	544,91	aB	575,54	abB	644,28	aA	663,85	aA
<b>RB106818</b>	617,25	aA	603,71	abA	579,50	abA	560,05	aA
<b>RB106819</b>	504,16	aB	678,53	aA	636,47	aA	559,10	aAB

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, comparando as variedades, dentro de cada tratamento aplicado ( $p \leq 0,05$ ). Assim como as médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si, comparando os tratamentos aplicados dentro de cada variedade ( $p \leq 0,05$ ).

Embora não tenha ocorrido diferenças entre os tratamentos aplicados, observou-se que a utilização de bactérias diazotróficas proporcionou um aumento de 10% na produção de biomassa em relação ao controle SBSN e, quando em conjunto com a adubação nitrogenada, o aumento foi ainda maior (em torno de 13%).

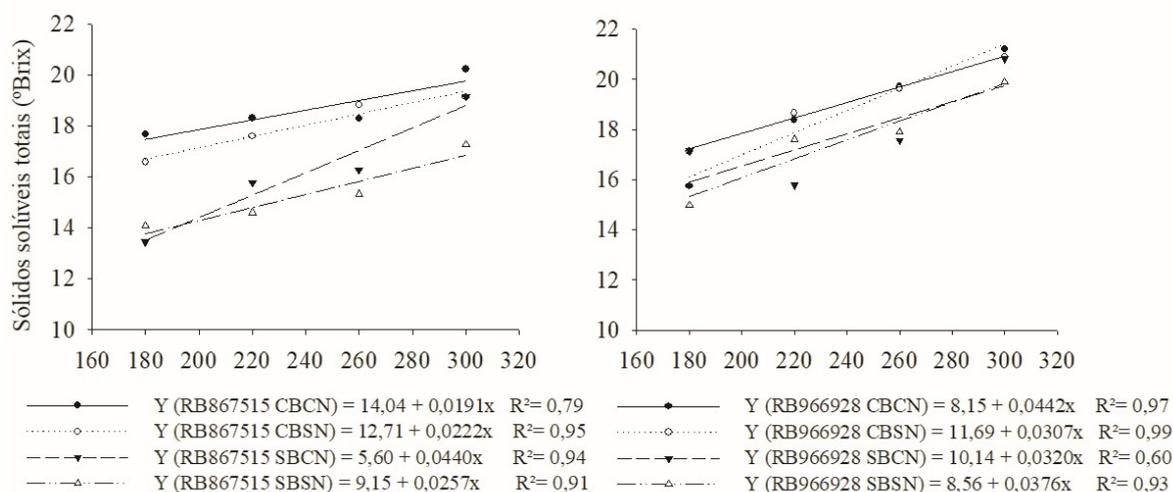
Em termos de incremento de massa seca, os valores foram superiores nos tratamentos CBCN, com exceção da variedade RB966928 que não diferenciou do CBSN e da RB106814 que não apresentou diferenças entre os tratamentos e o controle. Quanto às variedades, a RB966928 foi a que mais respondeu à aplicação de bactérias, sendo a massa seca no CBCN e no CBSN bem superiores aos tratamentos sem bactéria.

A média da fração de hemicelulose nas plantas de cana-de-açúcar foi superior no tratamento com aplicação de bactérias, seguido da aplicação conjunta com adubação nitrogenada (CBCN). E, analisando detalhadamente as interações, observa-se que a resposta aos tratamentos foi bastante variável, sendo a RB106819 a mais responsiva, com maior conteúdo de hemicelulose no CBSN do que os demais tratamentos. Em contrapartida, o conteúdo de lignina foi superior no tratamento SBCN, seguido do controle SBSN, porém, também dependeu da variedade de cana-de-açúcar a magnitude de resposta aos tratamentos aplicados na diminuição de lignina nas plantas. O tratamento mais eficiente na diminuição foi o CBCN, seguido do CBSN, apresentando os menores valores de lignina para as variedades RB966928 e RB106814. E, embora não se tenha observado diferença significativa entre os tratamentos na RB867515, essa variedade apresentou maior conteúdo de lignina no controle SBSN do que nos tratamentos aplicados.

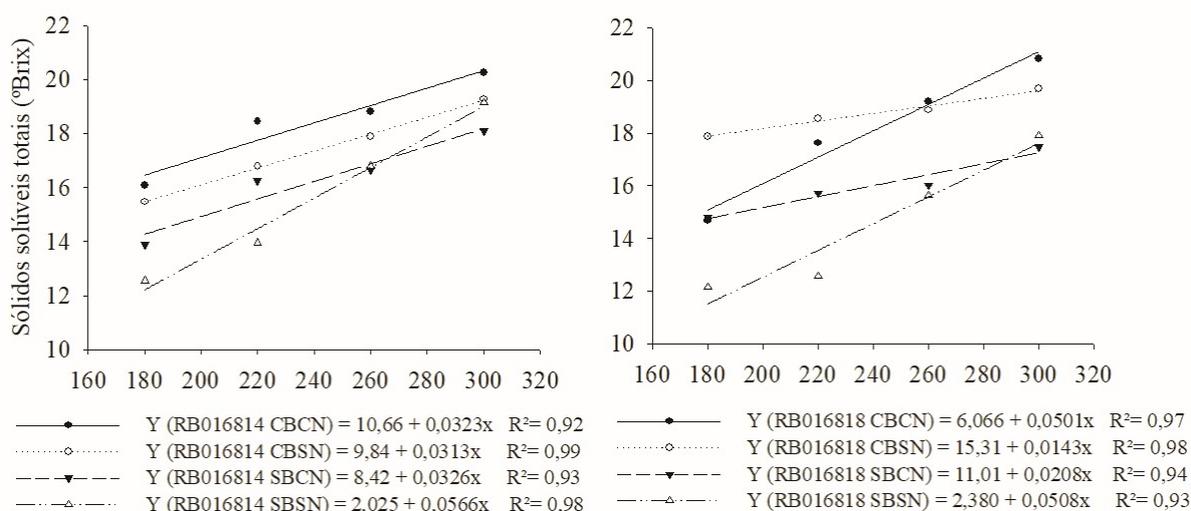
A fibra em detergente ácido de forma geral foi superior nas variedades RB106814, RB106818 e RB106819, sendo a RB106814 a mais responsiva à aplicação de bactérias, com valores superiores nos tratamentos SBCN e SBSN. Para fibra em detergente neutro, o comportamento das variedades foi semelhante aos de FDA, mas a resposta aos tratamentos foi bastante variável. Os maiores valores de FDN da variedade RB966928 foram no tratamento CBSN, seguido do controle SBSN; na RB106814 foi superior no SBSN, seguido do SBCN; e na RB106819 superior nos tratamentos CBSN, SBCN e SBSN, respectivamente.

Na Fig. 01 estão apresentadas as curvas de maturação das cinco variedades de cana-de-açúcar em função de 180 dias de cultivo, representadas pelas equações de regressão de ajuste para cada tratamento aplicado. Todos os tratamentos seguiram o modelo de regressão linear:  $y = y_0 + ax$ , onde  $y$  = variável resposta;  $y_0$  = variável resposta correspondente ao ponto mínimo ou máximo da curva e  $a$  = valor máximo estimado para a variável resposta.

Quando comparados os valores de sólidos solúveis totais da primeira avaliação, que se deu aos 180 dias de cultivo, para a última, aos 300 dias, observou-se comportamentos diferentes entre as variedades em relação a cada um dos tratamentos aplicados. Os acréscimos em Brix na variedade RB867515 foram de 13, 16, 39 e 22%, nos tratamentos CBCN, CBSN, SBCN e SBSN, respectivamente, como pode-se observar na Fig. 01. Na mesma ordem de tratamentos, observou-se o acréscimo de 32, 21, 24 e 29% na variedade RB966928; de 23, 24, 27 e 55% na RB106814 (Fig. 02); de 39, 10, 16 e 52% na RB106818; e de 23, 43, 30 e 60% na RB106819 (Fig. 03).



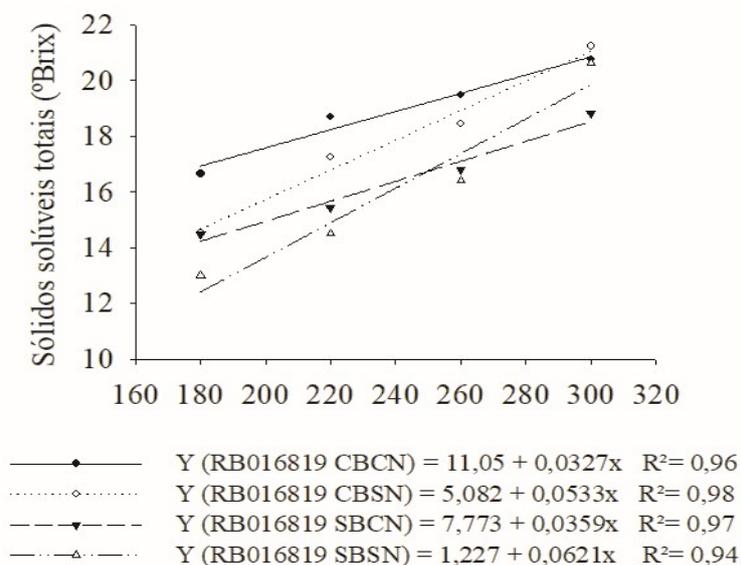
**Figura 01:** Curvas de maturação das variedades RB867515 e RB966928 em função do tratamento aplicado, ao longo de 120 dias.



**Figura 02:** Curvas de maturação das variedades RB106814 e RB106818 em função do tratamento aplicado, ao longo de 120 dias.

De forma geral, observou-se um acréscimo maior no teor de SST nos tratamentos sem aplicação de bactérias diazotróficas, principalmente, no controle SBSN, como pode-se observar nas variedades RB106814, RB106818 e RB106819. Com exceção da RB966928 que apresentou o maior acréscimo quando aplicado o tratamento CBCN. Em contrapartida, os valores de SST já eram superiores na avaliação inicial dos tratamentos em que se efetuou a aplicação de bactérias diazotróficas. Além disso, já na terceira avaliação, que ocorreu aos 260 dias, houve acréscimos consideráveis de 9, 22, 16, 27 e 15% para as variedades RB867515, RB966928, RB106814, RB106818 e RB106819, respectivamente. E na colheita, aos 300 dias após o plantio, estes tratamentos já apresentavam Brix próximos da maturação, com valores

entre 19 e 21 em todas as variedades de cana-de-açúcar. Enquanto os tratamentos SBCN e SBSN apresentaram valores entre 16 e 19 Brix.



**Figura 03:** Curvas de maturação da variedade RB106819 em função do tratamento aplicado, ao longo de 120 dias.

A cana-de-açúcar é uma cultura extremamente eficiente na transformação da energia solar em energia química na forma de fotoassimilados, resultando em produção de biomassa (GHANNOUM, 2009), por isso pode ser indicada para uso na alimentação animal. Além disso, variedades como a RB106814, RB106818 e RB106819, que apresentam potencial para alimentação animal (LEMÕES, 2018), mostram-se bastante responsivas à aplicação de bactérias diazotróficas no que tange a produção de biomassa, o incremento de massa seca e também, a melhoria da composição químico-bromatológica.

Em adição a isso, o aumento de biomassa e massa seca nas plantas em função da aplicação de bactérias diazotróficas é bastante promissor, tendo em vista que atualmente, devido a uma maior consciência ambiental, tem-se procurado aumentar a produção agrícola por área cultivada ao máximo, e que isso seja feito de forma o mais sustentável possível. Além disso, a quantidade de massa seca produzida nas plantas está diretamente ligada à oferta de forragem (MEZZALIRA *et al.*, 2012) e quanto maior a oferta de forragem, melhor o desempenho animal, refletido no ganho de peso corporal (SANTOS e CORRÊA, 2009).

A massa seca é dividida em duas frações: conteúdos celulares e componentes estruturais da parede celular, onde se encontram a celulose, a hemicelulose e a lignina. A proporção de cada uma dessas frações, assim como o arranjo de componentes, influencia o consumo e a digestibilidade das forragens (REIS *et al.*, 2016). Um dos principais fatores para determinar o desempenho animal é o consumo e está relacionado à composição nutricional do alimento. Outra forma de se avaliar a qualidade do alimento é conhecendo a sua digestibilidade (VAN SOEST, 1994), que representa a capacidade do animal em utilizar seus nutrientes, em maior ou menor escala, sendo uma característica do alimento, e não do animal (SILVA e LEÃO, 1979). A Fibra em detergente ácido (FDA) é a porção menos digestível,

constituída quase na sua totalidade por lignocelulose, ou seja, lignina e celulose (SALMAN *et al.*, 2010). Portanto, a diminuição da quantidade de lignina e conseqüentemente da FDA, proporcionada pela aplicação de bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada, é um resultado extremamente positivo para o emprego da cultura na alimentação animal.

A digestibilidade das plantas também é influenciada pela maturação fisiológica, pois à medida que a idade da planta aumenta, também aumentam as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina, reduzindo a proporção de carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas, que são considerados nutrientes potencialmente digestíveis (REIS *et al.*, 2005). Contudo, neste trabalho, a aplicação da mistura de bactérias diazotróficas de forma isolada e em conjunto com adubação nitrogenada, aumentou o teor de sólidos solúveis totais e diminuiu a quantidade de fibra das plantas de cana-de-açúcar e isso foi confirmado pela diminuição da relação FDN/SST apresentada pelos tratamentos contendo bactérias. Além disso, algumas variedades de cana-de-açúcar 40 dias antes da colheita do experimento já apresentaram Brix por volta de 20, o que indicava que poderia ter sido efetuado o corte das plantas, podendo evitar mais ainda o aumento na porcentagem de fibra.

A relação FDN/SST apresentada pelo tratamento contendo bactérias em conjunto com a adubação nitrogenada foi menor que 2,7, que já é considerado ideal para cana-de-açúcar (RODRIGUES *et al.*, 1997). Já onde foram aplicadas apenas as bactérias essa relação foi um pouco superior, no entanto, esse tratamento diminuiu a quantidade de FDN em 18% na variedade RB106818 e com isso pode aumentar o consumo da cana pelo animal.

O aumento de biomassa pela aplicação de bactérias diazotróficas pode estar relacionado à produção dos fitohormônios, que aumentam a eficiência da adubação; e também ao aumento do sistema radicular, que permite que a planta explore um maior volume de solo, capte e absorva mais N, resultando em maior produção (CASSAN *et al.*, 2009; HUNGRIA *et al.*, 2010; MOUTIA *et al.*, 2010). A maior absorção de nitrogênio e outros nutrientes pode modificar a histologia dos tecidos vegetais, como a deposição das células do mesofilo, parênquima, esclerênquima, entre outros tecidos (WILSON, 1993), afetando o teor de proteína bruta, os carboidratos estruturais e também os carboidratos solúveis, melhorando a composição das plantas para utilização na alimentação animal.

Contudo, o nitrogênio acumulado e conseqüentemente o teor de proteína bruta, não foram influenciados pelos tratamentos aplicados como era esperado (SCHULTZ *et al.*, 2012; MATOSO *et al.*, 2020). Isso provavelmente ocorreu devido ao fato de que foi efetuada uma adubação nitrogenada na área experimental antes do transplante das mudas de cana-de-açúcar, pois a fixação biológica de nitrogênio (FBN) costuma ser mais frequente em solos de média e baixa fertilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2006; GOSAL *et al.*, 2012).

Em um estudo sobre a interação entre adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, os autores observaram que é possível que uma alta taxa de N aplicada pode comprometer o sucesso da inoculação do diazotrófico, principalmente em termos de FBN (SKONIESKI *et al.*, 2017). Em contrapartida, outros estudos mostraram resultados positivos da inoculação com a mesma espécie de bactéria diazotrófica em solos que continham grandes quantidades de N disponíveis (DOBBELAERE *et al.*, 2003; ARAÚJO *et al.*, 2014). Portanto, a aplicação de bactérias diazotróficas é capaz de promover mudanças na qualidade da cana-de-açúcar para utilização na alimentação animal, mas o sucesso da aplicação depende da adubação nitrogenada e do manejo aplicado à cultura.

## CONCLUSÕES

A aplicação de uma mistura de cinco bactérias diazotróficas de forma isolada e em conjunto com a adubação nitrogenada, aumenta a produção de biomassa em 10 e 13%, respectivamente, e a massa seca em até 16 toneladas por hectare. Também promove um acréscimo nos sólidos solúveis totais de aproximadamente 16%, antecipando a maturação em até 40 dias; e melhora a composição químico-bromatológica das plantas de cana-de-açúcar, diminuindo em até 12% a quantidade de lignina, 7% a de celulose, 11% a de fibra em detergente ácido e 18% a de fibra em detergente neutro, além de reduzir a relação fibra/açúcar. Essas melhorias na qualidade da cana-de-açúcar podem levar a uma maior oferta de forragem e digestibilidade, além de aumentar o consumo quando empregada na alimentação animal.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; SARZI, I.; PADUA JUNIOR, A.L. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.2, p.184-187, 2007.
- ARAÚJO, R.M.; ARAÚJO, A.S.F; NUNES, L.A.P.L.; FIGUEIREDO, M.V.B. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.44, n.9, p.1556-1560, 2014.
- ÁVILA, C.L.S.; BRAVO MARTINS, C.E.C.; SCHWAN, R.F. Identification and characterization of yeasts in sugarcane silages. **Journal of Applied Microbiology**, v.109, n.5, p.1677-1686, 2010.
- BARRETTI, P.B.; SOUZA, R.M.; POZZA, E.A. Bactérias endofíticas como agentes promotores de crescimento de plantas de tomateiros e de inibição *in vitro* de *Ralstonia solanacearum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p.731-739, 2008.
- CARMO, C.A.F.S.; ARAÚJO, W.S.A.; BERNARDI, A.C.C.; SALDANHA, M.F.C. **Métodos de análise de tecidos vegetais**. Embrapa Solos, 2000.6p. (Circular Técnica 6)
- CASSAN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v.45, n.1, p.28-35, 2009.
- CHAVES, V.A.; SANTOS, S.G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; SOUSA, S.J.; MONTEIRO, R.C.; REIS, V.M. Initial development of two sugarcane varieties inoculated with diazotrophic bacteria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p.1595–1602, 2015.
- DANIEL, J.L.P.; AMARAL, R.C.; SÁ NETO, A.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; BISPO, A.W.; ZOPOLLATTO, M.; CARDOSO, T.L.; SPOTO, M.H.F.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G. Performance of dairy cows fed high levels of acetic acid or ethanol. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.1, p.398–406, 2013.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. Irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, n.4, p.284-297, 2002.

GHANNOUM, O. **C4 photosynthesis and water stress**. In: *Annals of Botany*, v.103, p.635–644, 2009.

GOSAL, S.K.; KALIA, A.; UPPAL, S.K.; KUMAR, R.; WALIA, S.S; SINGH, K.; SINGH, H. Assessing the benefits of *Azotobacter* bacterization in sugarcane: a field appraisal. **Sugar Technology**, v.14, n.1, p.61-67, 2012.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. Lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1, p.413-425, 2010.

LEMÕES, L.S. **Seleção de genótipos de cana-de-açúcar para produção de etanol e silagem**, 2018. 72p. (Mestrado em Agronomia em Sistemas de Produção). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

MAGALHÃES, A.J.; RODRIGUES, B.H.N.; SANTOS, F.J.S.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; NETO, R.B.A.; COSTA, N.L.; AZEVÊDO, D.M.M.R.; POMPEU, R.C.F.F.; CASTRO, K.N.C. **Potencial Forrageiro de Variedades de Cana-de-Açúcar Irrigadas e Adubadas na Região Semiárida do Nordeste**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Meio-Norte, 117. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2006.

MATOSO, E.S.; REIS, V.M.; AVANCINI, A.R.; SIMON, E.D.T.; MARCO, E; SILVA, S.A.A. Application of a mixture of five diazotrophs on sugarcane cultivated in the south of Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.15, n.4, p.1-8, 2020.

MEZZALIRA, J.C.; CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; BREMM, C.; FONSECA, L.; AMARAL, M.F; REFFATTI, M.V. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1264-1270, 2012.

MOUTIA, J.F.Y.; SAUMTALLY, S.; SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEJN, J. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. in sugar cane is influenced by genotype and drought stress. **Plant Soil**, v.337, n.1, p.233-242, 2010.

OLIVEIRA, A.L.M.; CANUTO, E.L.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M.; BALDANI, J.I. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. **Plant Soil**, v.284, n.1, p.23-32, 2006.

REIS, R.A.; MELO, G.M.P.; BERTIPAGLIA, L.M.A. **Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica**. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. (Eds.). *Volumosos na produção de ruminantes*. 1. ed. Funep, Jaboticabal, p.187-238, 2005.

RODRIGUES, A.A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S.N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.12, p.1333-1338, 1997.

SALMAN, A.K.D.; FERREIRA, A.C.D.; SOARES, J.P.G.; SOUZA, J.P. **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2010. 21p. (Documentos / Embrapa Rondônia, 136).

SANTOS, P.M.; CORRÊA, L.A. **Manejo de pastagens tropicais**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 28p. (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste, 46).

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F.; SILVA, J.A.S.; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J.B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S., REIS, V.M. Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.4, n.1, p.261-268, 2012.

SCHULTZ, N.; SILVA, J.A.; SOUSA, J.S.; MONTEIRO, R.C.; OLIVEIRA, R.P.; CHAVES, V.A.; PEREIRA, W.; SILVA, M.F.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S. Inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.2, p.407-414, 2014.

SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P.; MORETTI, M.H.; BENATTI, J.M.B.; RESENDE, F.D. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p.991-1008, 2012.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: 1. ed. Livroceres, 1979.

SKONIESKI, F.R.; VIÉGAS, J.; MARTIN, T.N.; NÖRNBERG, J.L.; MEINERZ, G.R.; TONIN, T.J.; BERNHARD, P.; FRATA, M.T. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, n.9, p.722-730, 2017.

TAPPI. Technical Association of the pulp and paper industry. **Tappi Test Methods, T 203cm-99: Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp**. Tappi Press: Atlanta 1999.

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

WILSON, J.R. **Organization of forage plant tissues**. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, D.; RALPH, J. Forage cell wall structure and digestibility. 1. ed. Madison, Wisconsin, p.1-32, 1993.