

## CONCLUSÃO

Para que se possa minimizar os efeitos do estresse térmico sobre bovinos leiteiros é necessário reduzir a incidência de radiação solar, melhorando o conforto ambiental através de instalações bem planejadas e rotinas adequadas de manejo e nutrição, itens que serão discutidos nas demais apresentações deste simposio.

## CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- McDowell, R.E. Improvement of livestock Production in Warm Climates. San Francisco, Freeman Press, 1972.
- Gonzales - Jimenez, E, Blaxter, K.L. Metabolism and Thermal regulation of Calves in the First Month of Life. Br. J. Nutr. 16:199-204, 1962.
- Shearer, J.K., Beede, D.K. Effects of High Environmental temperature on Production, Reproduction, and Health of dairy Cattle. Agri-Practice 11, 5, Sept-Oct, 1990.
- Curtis, S.E. Environmental Management in Animal Agriculture, Ames, IA, The Iowa State University Press, 1983.
- McGuire, M.A. et al. Effects of Thermal Stress and Level of feede Intake on Portal Plasma Flow and Net Fluxes of Metabolites in Lactating Cows. J.An.Sci. 67:1050-1060, 1989.
- Collier, R.J., et al. Effects of Heat Stress During Pregnancy on Maternal Hormone Concentration, Calf Birth Weight and Postpartum Milk Yield of Holstein Cows. J.An.Sci. 54:309-319, 1982.

## EFEITO DE AMBIENTE SOBRE A QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS

Dr. Luiz Gustavo Nussio<sup>1</sup>; Laisse Garcia de Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Zootecnia -ESALQ/USP.

<sup>2</sup> Aluna de Mestrado no Departamento de Zootecnia -ESALQ/USP.

## INTRODUÇÃO

A qualidade de alimentos é apontada frequentemente como o aspecto mais limitante em produção de leite. O valor nutritivo dos alimentos é normalmente baseado na densidade energética intrínseca dos mesmos. A concentração energética de forragens e alimentos concentrados é baseada em equações de regressão estabelecidas entre componentes da parede celular de vegetais (FDA, FDN, lignina e outros) e a digestibilidade. Essa estimativa é submetida a erros decorrentes de alterações climáticas, especialmente disponibilidade de água e temperatura, e com menor expressão a radiação e fotoperíodo (Van Soest, 1996; Van Soest & Hall, 1998). Apesar da relevância dessas informações no estudo do valor nutritivo de alimentos, existe limitada disponibilidade de dados quantitativos avaliando o efeito do ambiente.

Este trabalho tem como objetivo enfatizar o efeito do ambiente na qualidade de alimentos, e o faz de forma sumarizada. São apresentados sob a forma de revisão trabalhos científicos, onde alterações climáticas foram correlacionadas com variações no padrão de crescimento de plantas, e/ou no processo de conservação de plantas forrageiras.

A carência por informações específicas, ou mesmo a descontinuidade de investigação científica nesse segmento sob condições tropicais, associadas à

multidisciplinaridade característica desses eventos biológicos, sugerem cautela na adoção de modelos e inferências.

### Alterações dos processos fisiológicos no crescimento de plantas

#### • Status Hídrico

O crescimento das plantas depende da disponibilidade de água no solo, e por conseguinte o status hídrico da planta. Dos componentes intracelulares, a parede celular tem seu crescimento fortemente mediado pela disponibilidade de água. Este crescimento depende da pressão de turgor ( $P_t$ ) interna na célula, que pressiona o protoplasto (conteúdo celular) radialmente contra a parede celular, e por sua vez esta resiste a esse esforço mecânico evitando alterações súbitas no volume celular. Havendo saturação por água no ambiente, a célula inicia a absorção que estimula o estresse sobre a parede celular. A membrana resiste, o que resulta em compressão do protoplasto. Com o aumento na pressão de turgor ( $P_t$ ), a parede celular sofre ligeiro relaxamento ou expansão, somente até haver equilíbrio no turgor (Brett & Waldron, 1996). O crescimento plástico (não-reversível) da célula, se opõe ao crescimento elástico (reversível), promovendo o efetivo aumento no volume celular e espessamento da parede celular.

Um modelo para a expansão de células cilíndricas da haste foi proposto por Lockart em 1965, o qual estabeleceu a relação entre os parâmetros celulares que limitam o crescimento da célula. Este modelo tem sido aplicado no estudo da expansão de células da haste e folhas, e enfatiza a importância da extensibilidade como sendo um parâmetro limitante ao crescimento da célula. O crescimento da célula implica na regulação de quebra e reconstrução da parede celular. Segundo Lockart este modelo poderia ser demonstrado à partir da seguinte expressão:

$$dV/dt = [(mL)/(m + L)](\sigma - dt - P_{pr}),$$

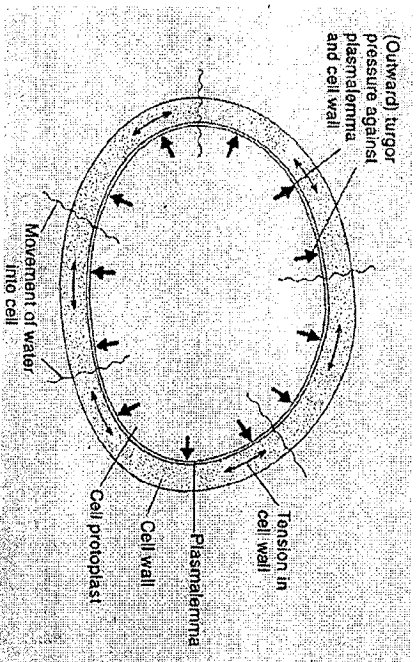


Figura 01. Pressão de turgor e a composição de forças vetorais na extensão da parede celular.

onde:

a alteração no volume da célula ao longo do tempo ( $dV/dt$ ) é função da extensibilidade da parede ( $m$ ), da condutividade hidráulica da membrana ( $L$ ), do gradiente osmótico entre o interior e exterior da célula ( $dt$ ) corrigido para o coeficiente de reflexão ( $\sigma$ ) e o a pressão de turgor limite ( $P_{pr}$ ). Como o aumento no volume celular é mediado pela pressão de turgor, é esperado que alterações no turgor sejam responsáveis por estímulo ou inibição ao crescimento da célula, com especial ênfase para a condição de déficit hídrico. Por exemplo, quando a expansão da folha é limitada pelo déficit hídrico, frequentemente a redução de crescimento pode ser atribuído à perda de extensibilidade da parede celular (Van Volkenburg, 1994).

No que se refere ao valor nutritivo de plantas forrageiras, o efeito de déficit hídrico vem promovendo resultados condicionados pela extensão da falta de água, e do nutriente estudado. Por exemplo, para Dovrat (1993), em estudos de campo alfafa e algumas gramíneas submetidas à déficit hídrico, em geral apresentaram

digestibilidade superior ou similar à plantas suficientemente supridas por água, e a possível explicação seria a redução na taxa haste/folha e maior digestibilidade de folhas. Aparentemente, a concentração de Fibra em Detergente Neutro (FDN) é reduzida sob condições de estresse hídrico. A quantidade de C incorporado na parede celular é diminuída sob condições de limitação na disponibilidade de água, existe prioridade de partição de assimilados para suportar a demanda por açúcares solúveis necessários aos ajustes na pressão osmótica da célula. Em alfafa as concentrações de celulose e de hemicelulose sofrem redução sob condição de estresse hídrico. Tanto o excesso, como a falta de água podem induzir o estresse hídrico em plantas. Em média, a umidade em plantas próximo da antese é ao redor de 750g kg<sup>-1</sup>, e em seguida declina segundo padrões da espécie e da condição de ambiente. O déficit hídrico em geral promove efeitos menos pronunciados no valor nutritivo que aqueles observados na produtividade da cultura. De acordo com Buxton e Fales (1994) alfafa irrigada para atingir 65% da capacidade de campo, reduziu a produtividade em 49% enquanto que a irrigação suplementar produziu 112% em relação ao controle. O déficit hídrico aumentou a relação folha /haste em 18%, mas o incremento em digestibilidade foi somente de 8% para hastes, e em menor intensidade para folhas. Nenhum efeito foi evidenciado para a fração nitrogenada, já que a concentração de N foi elevada em 10% na haste, enquanto que nas folhas houve redução de 14%. Em gramíneas tropicais, o déficit hídrico resultou em declínio menos acentuado da digestibilidade in vitro com o avanço da maturidade, e menor desenvolvimento da haste.

#### • Temperatura

Dentre diversos fatores ambientais, a temperatura do ambiente exerce a maior influência sobre a qualidade da planta. A temperatura da planta é condicionada por um complexo de fatores como o fluxo de radiação incidente, calor de condução e convecção, calor latente, bem como por características morfológicas e anatômicas das plantas. O efeito negativo da excessiva temperatura na

digestibilidade de gramíneas tem sido investigada nesses últimos 30 anos. Alguns autores reportam reduções médias de 8 unidades percentuais na digestibilidade da matéria seca de gramíneas, quando estas foram submetidas à um regime térmico diurno/noturno de 25/20° C contra 15/10° C. Gramíneas temperadas apresentaram redução na digestibilidade de 6.6 g kg<sup>-1</sup> para cada °C de incremento na temperatura, enquanto que para tropicais aumentos similares na temperatura provocaram reduções de 0.6g kg<sup>-1</sup>. Segundo Wilson et al, (1991) a depressão da digestibilidade associada com altas temperaturas não é efeito exclusivo do aumento na concentração de parede celular na planta, conforme Tabela 1, mas também a redução da digestibilidade da parede celular.

Tabela 1. Efeito da temperatura durante o crescimento na composição e digestibilidade da parede celular de hastes e de folhas em forragens.

Espécies	Estrutura	Lignina		FDN		Digestibilidade	
		g kg <sup>-1</sup> MS	g kg <sup>-1</sup> MS	g kg <sup>-1</sup> MS	g kg <sup>-1</sup> MS	NDF	FDN
		22° C	32° C	22° C	32° C	22° C	32° C
Gramma Bermuda	Folha	13	22	373	514	752	620
	Haste	34	67	574	641	598	408
Alfafa	Folha	8	14	101	106	420	222
	Haste	86	99	420	419	360	299

Adaptado Wilson et al (1991)

Embora as hastes em crescimento de gramíneas apresentem elevada digestibilidade (75 à 85%), a maturação ocorre rapidamente e com isso a digestibilidade sofre redução para valores próximos de 30%. Esse decréscimo na digestibilidade da forragem é associado ao aumento no conteúdo de parede celular, que perde valor nutritivo continuamente ao longo da maturação. Devido a grande complexidade intrínseca aos polímeros formadores da parede celular, não é simples prever a capacidade de digestão desta fração sem a utilização de recursos

s sofisticados de determinação da composição químico-estrutural. Análises de constituintes da parede celular como celulose, hemicelulose e lignina sofreram grande progresso, revelando a estrutura tridimensional da matriz, as interações no polímero, as ligações tipo éster e éter na associação de ácido ferúlico e p-coumárico, dímeros de ácido deidroferúlico e as proporções de siringil, guaiacil e hidroxicinamil na fração lignina. Associado a esse fato, as alternativas de digestibilidade da MS baseadas no conteúdo de LDA (lignina em detergente ácido) determinada pelo método de Goering e Van Soest (1970), vem sendo substancialmente melhoradas com o auxílio de técnicas como a "esqueletonização" de imagem automatizada do polímero (Travis et al, 1993), permitindo a definição tridimensional da estrutura. As revisões de Jung et al (1993) e Jung e Allen (1995) relatam com detalhes as limitações impostas à digestão da parede celular de gramíneas tropicais.

O potencial de digestão da parede celular parece não ser limitado exclusivamente pela composição química, mas pela participação percentual de determinados tecidos na haste, além da arquitetura da célula. A relação entre a área de superfície e o volume da célula decresce exponencialmente, à medida que a parede se espessa, e portanto somente uma fração reduzida da parede celular poderá ser efetivamente digerida, à considerar o tempo médio de residência desta partícula dentro do rúmen Wilson e Mertens (1995).

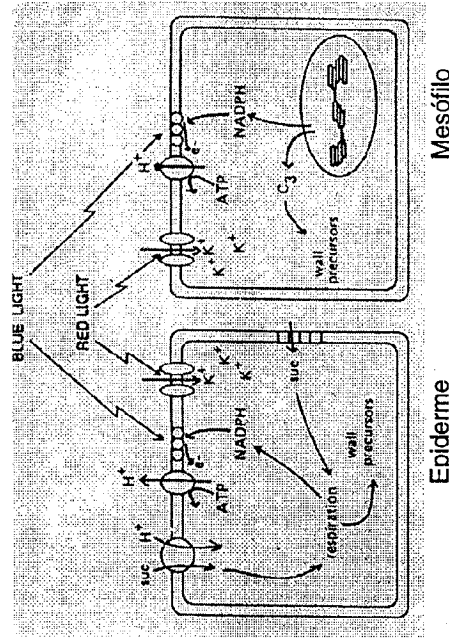
Alterações bióticas durante o crescimento de plantas do gênero *Cynodon* são responsáveis por mudanças nas taxas de síntese e na composição da parede celular secundária. A amplitude de oscilação das médias térmicas diurnas e noturnas podem explicar parcialmente as alterações na digestibilidade da MS e da fibra. Os resultados obtidos por Wilson et al (1991) suportam a idéia de que sob altas temperaturas a parede celular de gramíneas apresentaria reduzida digestibilidade. No referido ensaio, seções transversais de 0,1mm de espessura, provenientes de células lignificadas do esclerênquima, da porção haste (interródio) de plantas do gênero *Cynodon*, foram incubadas *in vitro* por 48 h em fluído ruminal. A redução na espessura da parede dessas células foi de 23nm/h para o regime térmico de crescimento de verão (32° C dia/26° C noite), e de 29 nm/h quando a temperatura

média foi inferior (22° C dia/ 16° C noite). Esses dados confirmam experimento nacional recentemente publicado por Ventrela et al (1997). Utilizando-se de análises de agrupamento suportadas por modelos multivariados, e análises de componentes principais foram avaliadas haste e folhas de três espécies de *Cynodon*, crescendo durante os períodos de verão e inverno. Durante o inverno, as espécies apresentaram folhas com maiores %epiderme, % células buliformes (na bainha foliar), % bainha parenquimática, e % hemicelulose e menores % parênquima, % esclerênquima, nº de feixes vasculares e % FDA. Assim as variáveis mais discriminatórias para fins de agrupamento foram a % células buliformes, % bainha parênquimática e % FDA. No período de inverno as espécies estudadas apresentaram maior digestibilidade potencial, contendo maior proporção de tecidos facilmente digestíveis. *Cynodon dactylon* mostrou-se como a forrageira de maior potencial de digestibilidade seguida de *C. plectostachyus* e *C. nlemtuensis*. Para a estrutura haste as variáveis mais discriminatórias foram % hemicelulose, %FDA, % PB e as menos discriminatórias foram % FDN e % esclerênquima. No inverno as três espécies apresentaram haste com menor % FDA e maior % hemicelulose e %PB indicando maior digestibilidade potencial. *C. dactylon* apresentou maior % parênquima e FDN, e menor % de feixes vasculares e esclerênquima, destacando-se entre as demais.

#### • Radiação e Fotoperíodo

O aumento de tamanho da célula pode ser obtido através de estímulo por acidificação da parede celular, mediado pelo sistema de bombeamento de prótons ativado pela ATPase presente na membrana plasmática. Esse mecanismo ainda obscuro, envolve supostamente reações em cadeia condicionadas pelo pH, ou mesmo enzimas hidrolíticas da parede celular. A indução de afrouxamento ou relaxamento da parede celular pela presença de determinado espectro de luz, sugere a teoria do "crescimento ácido" (Van Volkenburg, 1994). Sob tal premissa,

determinados comprimentos de onda radiante estimulam a acidificação do apoplasto, esse fato determina maior extensibilidade à parede celular, que acaba perdendo parte da permeabilidade seletiva, e admite o efluxo de conteúdo celular de pH mais elevado para o interior da célula, sugerindo novo equilíbrio osmótico. O abaixamento do pH da parede celular de 6 para 5 resulta em hidrólise química ou enzimática de ligações previamente consolidadas. O déficit hídrico provoca redução na acidificação da parede celular e portanto, promove menores taxas de crescimento da porção fibrosa. O comprimento de onda na faixa do azul interage com receptores da membrana, próximo dos sistemas redox, o que estimula a interpolarização da superfície. Alguns canais de K respondem permitindo maior fluxo de K para o interior da célula. Na faixa do vermelho ocorre ativação de fitocromos, que estimulam os canais de Ca e K, que estimulam a polarização. Ambos os mecanismos se apresentam efetivos na presença de luz e colaboram para a excreção de prótons pela célula, o que leva à acidificação da célula. Tal mecanismo exerce simultaneamente a função de cotransporte de açúcares e aminoácidos para o anabolismo celular, como pode ser observado na figura 02. Tanto o fotoperíodo como a radiação, influenciam na morfologia, no crescimento, florescimento e maturidade. Longos fotoperíodos resultam em forragem de maior qualidade, devido a maior atividade fotosintética, que eleva o teor de açúcares solúveis e dilui o conteúdo celular. Esse efeito é geralmente acompanhado pela redução na relação folha/haste e na concentração de N na planta. Sob alta incidência luminosa (radiação) plantas forrageiras podem conter mais de 40% de carboidratos não-estruturais em sua composição, e ao longo do dia os menores valores são obtidos antes do amanhecer, e os maiores valores no meio da tarde. Assim, não é raro se deparar com valores de digestibilidade da MS 1 à 2 unidades percentuais superior à tarde quando comparada com a manhã.



Epiderme Mesófilo

Figura 02. Modelo para a explicação da expansão celular mediada pela frequência do comprimento de onda luminosa em células de epiderme e mesófilo de folhas.

#### Alterações durante o processo de conservação

- **Ensilagem**

A temperatura do meio exerce forte influência nos padrões de fermentação da massa de forragem armazenada. A atividade de fermentação é geralmente intensificada sob alta temperatura, e esta por sua vez é aumentada em função da atividade biológica remanescente no interior da massa ensilada. Os aumentos de temperatura na massa logo após a ensilagem são consequentes da presença de oxigênio remanescente, associado à respiração de microrganismos. Entretanto, a temperatura final da massa é afetada pelo pico inicial de temperatura, temperatura ambiente e a taxa de transferência de calor através da silagem, bem como pela condutividade da parede e do tamanho do silo (O'Donnell et al, 1997). A deformação de alguns substratos sob compactação é acelerada quando altas temperaturas são predominantes, além disso a viscosidade do efluente produzido após a morte celular, sofre incrementos quando da elevação da temperatura. Na tabela 2 são

apresentados os efeitos da temperatura sobre alguns parâmetros de fermentação, densidade da massa e estimativa de perdas na ensilagem de azevém perene.

Tabela 2. Efeito da temperatura na composição da silagem, produção de efluente e densidade da massa

Parâmetro	Temperatura (°C)					EPM	P <
	5	10	15	20	27		
pH	4,6	4,1	3,9	4,1	3,9	0,2	ns
MS (g kg <sup>-1</sup> )	236	249	254	258	263	1,5	**
Ácido Láctico	42	58	61	66	63	1,6	**
Etanol (g kg <sup>-1</sup> MS)	17	17	9,6	16,2	11,3	1,2	**
Efluente (g kg <sup>-1</sup> )	50,1	51,6	66,7	90,6	97,6	5,5	**
Tempo para Efluente (min)	31	26	13	7	5	1,9	**
Densidade ao início do Efluente (kg m <sup>-3</sup> )	766	797	804	830	847	8,5	**
Vazio gasoso (%)	30,1	27,3	26,6	24,3	22,6	0,8	**

Adaptado de O'Donnell et al (1997).

A temperatura promoveu alterações significativas na magnitude e cinética de produção de efluente. O tempo do início da compressão até o aparecimento de efluente foi reduzido com o aumento da temperatura, enquanto que a densidade foi aumentada, traduzindo a menor presença de gases na massa.

Esses fatos analisados conjuntamente sugerem aumento significativo na produção de efluente. A liberação de efluente foi retida sob baixas temperaturas, devido à resistência interna ao fluxo de efluente. A viscosidade do efluente da silagem em experimento similar, variou de 3,4 para 2,0 mPa, com o aumento da temperatura de 5 °C para 25 °C. Com a redução na temperatura, o tempo para obtenção do pico de produção de efluente foi aumentado e a magnitude do pico foi

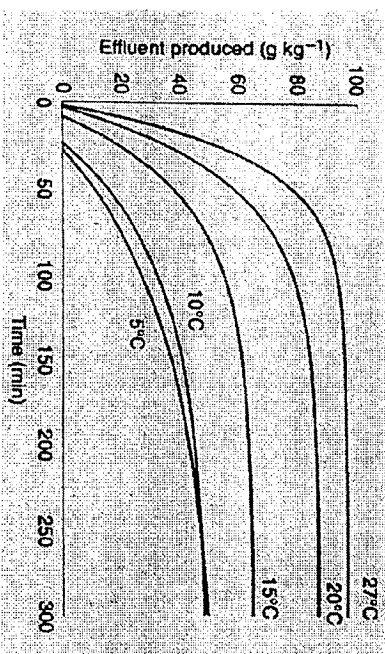


Figura 03. Efeito da temperatura na produção acumulada de efluente após a ensilagem.

reduzida. Este fato pode ser observado na Figura 03. A maior dificuldade de compactação associada ao menor teor de umidade da forragem foi identificada como condicionantes de maiores perdas de MS, sob alta temperatura, nos relatos de McDonald et al (1966).

## BIBLIOGRAFIA

- Van Soest, P.J. and M.B. Hall, 1998. Fiber synthesis in plants: predicting digestibility of corn silage from weather data. **Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**, Rochester, NY, USA, pg 192-196.
- Van Soest, P.J. 1996. Environmental and forage quality. **Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**, Rochester, NY, USA, pg 1-9.

- Collins, M. and C.C. Sheaffer, 1996. Harvesting and storage of cool-season grass hay and silage. In: **Cool Season Forage Grasses**, Monograph no. 34, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA, Chapter 10, pg 297-320.
- Moser, L.E., 1995. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: **Post-Harvest Physiology and Preservation of Forages**, Special Publication no. 22, CSSA and ASA, Madison, WI, USA, Chapter 1, pg 1-20.
- McDonald, P.; A R. Henderson; R. Whittenbury, 1966. The effect of temperature on ensilage. **Journal Sci. Food and Agriculture**, vol 17, pg 476-480.
- O'Donnell, C.; A G. Williams; A J. Biddlestone, 1997. The effects of temperature on the effluent production potential of grass silage. **Grass and Forage Science**, 52, 343-349.
- Woolford, M. K. 1984. **The Silage Fermentation**. Microbiology Series, vol 14, Madison, WI, USA.
- McDonald, P. 1981. **The Biochemistry of Silage**. Manchester, England..
- Brett, C. and K. Waldron, 1996. **Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls**. In: Topics in Plant Functional Biology: I. Second Edition, Chapman & Hall, London UK, 255p.
- Van Volkenburg, E., 1994. **Leaf and Shoot Growth**. In: Physiology and Determination of Crop Yield . Ed Boote, Bennett, Sinclair and Paulsen . ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 601p.
- Dovrat, A. 1993. **Irrigated Forage Production**. Developments in Crop Science 24. Elsevier, Netherlands, 257p.
- Buxton, D.R. and S.L. Fales , 1994. **Plant Environment and Quality**. In: Forage Quality, Evaluation and Utilization. Ed. Fahey Jr et al, ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 998p.
- Wilson, J. R.; B. Deinum and F. M. Engels, 1991. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. **Netherland Journal Agric. Sci.** 39:31-48.
- Goering, H. K.; Van Soest, P. J. Forage fibre analyses. **Agriculture handbook n. 379, USDA-ARS**. (US Government Printing Office: Washington, DC.) 1970.
- Jung, H. G.; Allen, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**. v. 73, p. 2774 - 2790, 1995.
- Ventrella, M. C.; Rodella, R. A.; Costa, C.; Curi, P. R. Anatomia e bromatologia de espécies forrageiras de *Cynodon Rich.* I - Folha. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 34.; Juiz de Fora, 1997. **Anais. Juiz de Fora, SBZ**, 1997. p. 3 - 5.
- Ventrella, M. C.; Rodella, R. A.; Costa, C.; Curi, P. R. Anatomia e bromatologia de espécies forrageiras de *Cynodon Rich.* II - Caule. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 34.; Juiz de Fora, 1997. **Anais. Juiz de Fora, SBZ**, 1997. p. 6 - 8.
- Wilson, J. R.; Mertens, D. R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**. v. 35, p. 251 - 259, 1995.
- Wilson, J. R.; Hatfield, R. D. Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: consequences for fibre degradation by rumen microflora. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 48, p. 165 -180, 1997.