

BREVE HISTÓRICO DAS RELAÇÕES ENTRE ANATOMIA VEGETAL E QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS COM ÊNFASE PARA O GÊNERO *Brachiaria*

Cláudio José F. Alves de Brito ¹

Roberto Antonio Rodella ²

RESUMO

As gramíneas forrageiras apresentam grande importância econômica e, dentre elas, o gênero *Brachiaria* ocupa posição de destaque nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil. Há alguns anos verificou-se a possibilidade de se associar características anatômicas da planta com seu valor nutritivo e sua taxa de passagem, através da mensuração da área de tecidos vasculares e lignificados, bem como da análise do comportamento dos diferentes tecidos vegetais frente à degradação ruminal. Posteriormente, adicionaram-se dados bromatológicos para auxiliar nesta associação, tais como os teores de proteína bruta, fibra, celulose, hemicelulose, lignina e ainda dados de digestibilidade da matéria seca. Recentemente, os estudos de química da parede celular, bem como a compreensão dos processos de lignificação e a tipificação da lignina, mostraram-se úteis para explicar os diferentes graus de digestibilidade em relação a quantidades semelhantes de lignina ou de tecidos lignificados.

Palavras-chave: anatomia quantitativa, forrageiras, bromatologia, parede celular, lignina.

¹ Doutorando em Botânica, Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP. E-mail: cjbrito@hotmail.com

² Departamento de Botânica, Instituto de Biociências - UNESP. Cx. Postal 510, CEP 18618-000, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: rodella@ibb.unesp.br

ABSTRACT**BRIEF HISTORY OF PLANT ANATOMY AND FORAGE GRASS QUALITY RELATIONSHIPS, EMPHASIZING THE *Brachiaria* GENUS**

Forage grasses are of great economic importance, among these plants of the genus *Brachiaria* are widely used as pasture in tropical and subtropical regions in Brazil. Some years ago, the possibility of association between anatomical characteristic and forage quality and its passing time was observed, by measuring vascular and lignified tissues, as well as by the analysis of tissues after ruminal degradation. Afterwards, bromatological data was added in this association, such as crude protein, fiber, cellulose, hemicellulose, lignin and dry matter digestibility. Recently, chemical studies of the cell wall and the understanding of the lignification process and lignin typification showed to be useful to explain different degrees of digestibility with similar quantities of lignin and lignified tissues.

Key words: bromatology, cell wall, grasses, lignin, quantitative anatomy.

As Gramíneas Forrageiras

As gramíneas forrageiras apresentam grande importância econômica, constituindo uma das famílias mais numerosas entre as Angiospermas. O número de espécies mundialmente conhecidas girá em torno de 8.000, pertencentes a aproximadamente 500 gêneros (Cronquist, 1981).

O gênero *Brachiaria* (Trinius) Grisebach é constituído por plantas herbáceas, perenes ou anuais, eretas ou decumbentes. Cerca de 100 espécies são naturais de todas as regiões tropicais, mais especialmente da África (Smith *et al.*, 1982). No Brasil, as espécies deste gênero mais utilizadas como forrageiras são *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. e *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf.

B. humidicola é uma gramínea perene, ereta (Alcântara & Bufarah, 1992) ou decumbente (Salerno *et al.*, 1990), rizomatosa (Alcântara & Bufarah, 1992) ou rizomatosa e estolonífera (Pupo, 1980; Salerno *et al.*, 1990). É pouco exigente quanto ao solo, vegeta bem em locais úmidos ou secos, sendo resistente à geada. Tem sido largamente utilizada para formação de pastagens nas mais diferentes regiões do país, sendo promissora para a região amazônica (Pupo, 1980; Alcântara & Bufarah, 1992).

B. brizantha também é perene, ereta, com rizomas curtos, mas não perfilha intensamente nem emite raízes adventícias nos nós (Alcântara & Bufarah, 1992). Quando bastante desenvolvida, forma touceiras que chegam a atingir 1,0-1,2 m de altura, por isso, alguns autores, como Salerno *et al.* (1990), consideram esta espécie cespitosa. Dentre as braquiárias, é considerada a mais resistente à seca e ao frio, vegetando bem tanto em solos úmidos como nos secos, não exigindo solos muito férteis, porém é mais exigente que *B. humidicola* (Salerno *et al.*, 1990; Alcântara & Bufarah, 1992).

Ambas as espécies são forrageiras tropicais, possuem via fotossintética C_4 associada à anatomia Kranz. Tal anatomia apresenta feixes vasculares circundados por células mesofilicas em disposição radiada e, mais internamente, nas espécies em estudo, uma camada de células denominada bainha parenquimática. De forma simplificada, os cloroplastos nesta bainha são os responsáveis pela maior eficiência das gramíneas C_4 em relação às C_3 (Oliveira *et al.*, 1973, Salisbury & Ross, 1992). A literatura revela que as plantas C_4 possuem menor digestibilidade, pois a bainha parenquimática apresenta espessamento parietal, que inibe a degradação, além de dificultar o acesso dos microorganismos ao interior dos feixes vasculares (Wilson, 1993; Alves de Brito *et al.*, 1999).

Os ruminantes e a digestão no ambiente ruminal

Na evolução das espécies, os vertebrados não desenvolveram em seu trato digestivo enzimas capazes de hidrolizar ligações glicosídicas $\beta(1 \rightarrow 4)$. No entanto, os ruminantes desenvolveram modificações anatômicas no aparelho digestivo (rúmen, retículo, omaso, abomaso), que,

associadas à presença de microorganismos celulolíticos, possibilitam o aproveitamento da celulose e das demais polioses (Church, 1974; Silva & Leão, 1979; van Soest, 1982).

O rúmen e o retículo funcionam como câmaras de fermentação para a ação dos microorganismos sobre os alimentos fibrosos. Church (1974) descreveu o rúmen como um ambiente favorável para o crescimento microbiano. O pH, entre 5,5 e 7,0, e a temperatura, entre 39 e 40°C, são condições ótimas para muitas espécies de microorganismos e sistemas enzimáticos. Estes órgãos podem constituir excelente fermentador contínuo, pois os alimentos chegam e são digeridos continuamente, sendo os produtos da fermentação diretamente absorvidos pela parede ruminal ou nos demais segmentos do aparelho digestivo. O que não pode ser aproveitado é, então, eliminado nas fezes.

Os principais microorganismos presentes no rúmen-retículo são bactérias e protozoários, e, ocasionalmente, quantidades apreciáveis de fungos. A condição de anaerobiose implica em que as espécies microbianas do rúmen sejam anaeróbicas ou facultativas (Teunissen *et al.*, 1991; Martin, 1994).

A digestão pode ser considerada um evento resultante da seqüência de três estágios: a) aderência dos microorganismos à partícula de alimento; b) hidrólise das estruturas da parede celular; c) fermentação dos produtos da hidrólise, cuja seqüência já é bioquimicamente bem estabelecida (Russel & Hepell, 1981; Allen & Mertens, 1988). A adesão dos microorganismos à partícula de alimento parece ser um evento indispensável no processo de digestão ruminal.

A anatomia vegetal na avaliação de forrageiras

Estudando a anatomia de inúmeras gramíneas, Metcalfé (1960) descreveu as características da superfície foliar e da anatomia do gênero *Brachiaria*, abordando algumas espécies forrageiras, mas não incluiu *B. brizantha* e *B. humidicola*. Thompson & Estes (1986) estudaram a anatomia foliar de 55 espécies de *Brachiaria*. Por terem trabalhado com gran-

de número de espécies, apenas são apresentadas as características gerais do gênero e as peculiaridades de algumas espécies.

Os trabalhos sobre a anatomia vegetal e o valor nutritivo de determinadas forrageiras, principalmente gramíneas, iniciaram-se com as observações de Woodman & Stewart (1932), Sullivan (1959), Johnson *et al.* (1962) e Johnston & Waite (1965), que constataram o efeito negativo da lignina na digestibilidade das forrageiras.

Wilkins (1969), estudando a degradação de tecidos vegetais incubados em líquido ruminal de bovinos, observou que alguns materiais permaneciam intactos após longos períodos de incubação, permitindo deduzir que as características anatômicas das plantas limitavam sua degradação. Wilkins (1972) verificou também a possibilidade de associar a proporção de tecidos esclerenquimáticos e vasculares com a qualidade nutricional de uma forrageira.

Hanna *et al.* (1973) compararam a anatomia e a degradação de algumas gramíneas e leguminosas forrageiras, observando a seguinte seqüência de degradação dos tecidos: mesofilo, floema e epiderme foram rapidamente digeridos, bainha parenquimática em seguida; cutícula, tricomas, esclerênquima, xilema e bainha mestomática permaneceram praticamente intactos.

A partir de 1973, diversos autores (Akin *et al.*, 1974, 1977, 1983, 1984; Akin & Burdick, 1975, 1977, 1981; Wilson, 1976a, 1976b; Wilson *et al.*, 1976, 1983; Alves de Brito *et al.*, 1997b, 1999; Ventrella *et al.*, 1997a, 1997b) realizaram trabalhos com a finalidade de determinar as porcentagens dos tecidos vegetais e suas associações com taxas de degradação e digestibilidade, em diferentes gramíneas forrageiras.

No Brasil, os primeiros trabalhos feitos nesta linha de pesquisa, realizados por Rodella *et al.* (1982, 1983-84, 1984), abordaram as características da anatomia vegetal quantitativa e a relacionaram com a qualidade de diversas forrageiras. No primeiro trabalho, os autores determinaram a anatomia quantitativa da quilha (nervura central) de *Brachiaria brizantha* e *B. mutica*, em três níveis de inserção da folha no colmo.

Posteriormente, outros trabalhos foram desenvolvidos com relação a esses mesmos objetivos, como aqueles de Alves de Brito & Deschamps (1998) e Alves de Brito *et al.* (1998). A partir de 1995, foram realizadas algumas dissertações associando-se as interações da anatomia quantitativa com a bromatologia, a digestibilidade e a degradação de tecidos (Ventrella, 1995; Alves de Brito, 1997; Lima, 1998), e a partir delas, alguns trabalhos foram publicados, como os de Ventrella *et al.* (1997a, 1997b), Alves de Brito *et al.* (1997a, 1997b, 1999).

Visando-se maior esclarecimento das relações entre a anatomia e a digestibilidade de plantas forrageiras, procurou-se, em trabalhos realizados nos anos 90, utilizar os conhecimentos de citologia, principalmente da parede celular. Conseqüentemente, os processos de lignificação, o desenvolvimento da parede celular secundária e, principalmente, a composição química da lignina foram e ainda estão sendo muito estudados. Dentre esses trabalhos, podem ser destacados os de Jung *et al.* (1983, 1994, 1997), Jung & Casler (1990), Akin (1993), Jung & Deetz (1993), Hatfield *et al.* (1994, 1999a, 1999b), Jung & Allen (1995), Deschamps *et al.* (1998), Deschamps & Alves de Brito (1998), Jung & Ni (1998) e Deschamps (1999).

Com relação à proporção de tecidos e à espessura da parede celular, Pacciulo *et al.* (1999) realizaram estudo com *B. decumbens* e *B. brizantha*, comparando-se estas variáveis sob diferentes níveis de umidade no solo.

Com objetivo de divulgar os estudos referentes à anatomia e à qualidade de gramíneas forrageiras, Alves de Brito & Rodella (1999a) apresentaram uma síntese dos trabalhos já realizados, destacando a forma como são desenvolvidos.

A anatomia quantitativa e sua relação com a digestibilidade e a composição bromatológica

A energia para a produção animal, a partir da maioria das forragens, é largamente obtida através da fermentação das paredes celulares

pelos microorganismos do rúmen. Altos ganhos de peso e produção de leite pelos ruminantes requerem alta entrada de forragem e alta digestibilidade. A digestibilidade da lâmina, bainha, pecíolos e caules está associada com a relativa proporção dos tipos de tecidos presentes em cada órgão, com paredes digeríveis ou não (Wilson, 1993).

Akin *et al.* (1983) sugerem que a qualidade da forragem pode resultar do melhoramento de plantas para aumentar a degradação de tecidos, sem alteração da estrutura anatômica básica da folha. O melhoramento na qualidade também pode ser possível com a finalidade de aumentar a proporção do conteúdo de mesófilo, mas tais mudanças podem nem sempre melhorar a digestibilidade, ainda que o mesófilo de algumas espécies seja melhor degradado que o de outras. As diferenças de digestibilidade estão, em parte, relacionadas com as diferentes proporções dos tecidos (por exemplo, mesófilo, feixe vascular) foliares.

A maior ou menor taxa de degradação da parede celular pelos microorganismos ruminais é determinada, em grande parte, pela capacidade da biota em transpor barreiras anatômicas e estruturais das forragens. Kerley *et al.* (1988) e Pell & Schofield (1993) relatam que os principais fatores que limitam a digestão da parede celular pelos microorganismos ruminais são: a) a lignificação da parede celular; b) a cristalinidade da celulose; c) o limitado espaço disponível na estrutura da parede para a ação das enzimas.

A lignina, complexo de compostos fenólicos polimerizados, tem sido relacionada amplamente como fator limitante para a degradação da parede celular, tanto em gramíneas quanto em leguminosas (Jung & Vogel, 1986; Buxton & Russell, 1988; Jung, 1989; Jung & Deetz, 1993; Jung & Allen, 1995). A deposição de lignina aumenta com a maturação fisiológica da planta, sendo este fenômeno relacionado com a diminuição na digestibilidade dos polissacarídeos estruturais pelos ruminantes (Kamstra *et al.*, 1958; Terry & Tilley, 1964; Nascimento Jr. & Pinheiro, 1975; Jung & Vogel, 1986; Hatfield *et al.*, 1999a, 1999b). Esta relação negativa tem sido mais claramente observada em gramíneas tropicais, ou seja, em plantas C₄ (Ford *et al.*, 1979).

Deve ser considerado também que a anatomia das plantas representa considerável barreira para a digestão ruminal. O amadurecimento fisiológico da planta resulta no espessamento da parede celular com maior concentração de lignina, principalmente nas espécies tropicais (Wilson, 1993; Deschamps *et al.*, 1998). Isto contribui para aumentar a resistência do material à digestão ruminal. Outros componentes, como os lipídios da camada epicuticular e camadas do lúmen, são barreiras à aderência e ação hidrolítica da biota ruminal. Akin (1979) e Alves de Brito *et al.* (1997b, 1999), demonstraram que os diferentes tecidos vegetais são colonizados e degradados em diferentes taxas. Dessa forma, considerando que as forragens se desenvolvem em um ambiente cujas condições são bastante dinâmicas, pode-se pressupor que a estrutura anatômica e a composição química também sejam afetadas. Portanto, a geração desses conhecimentos tornam-se importantes para os estudos que visem a obtenção de novos cultivares, seja por cruzamentos ou, principalmente, oriundos de manipulação genética.

A relação das diferentes estruturas anatômicas com a digestão ruminal foi abordada por Wilson (1993). Nesta revisão, podem ser comprovadas as peculiaridades dos diferentes tecidos, bem como o potencial e limitações para digestão ruminal. Deve ser considerado ainda que a ruminação (processo de mastigação dos alimentos regurgitados a partir do rúmen) é um importante aliado na desestruturação física dos alimentos, por reduzir o tamanho e aumentar a superfície das partículas, permitindo a aderência e ação dos microorganismos (Church, 1974; Silva & Leão, 1979; McAllister *et al.*, 1994). Entretanto, mesmo vencendo uma barreira estrutural como, por exemplo, a epiderme, outros componentes internos da parede celular podem limitar a digestão de forragens ou resíduos lignocelulósicos (Akin, 1989; Wilson, 1993; Alves de Brito *et al.*, 1999).

Wilson (1976a, 1976b) estudou as variações da anatomia, composição química e digestibilidade em folhas de *Panicum maximum*, com diferentes níveis de inserção no colmo e em diversas idades, constatando que a composição química e a digestibilidade variaram com o nível de

inserção, apresentando as folhas superiores concentração de lignina mais elevada que as inferiores. Avaliando a anatomia quantitativa, as folhas superiores apresentaram uma maior proporção de tecidos lignificados, sendo que a mesma não variou com a idade da planta.

Com a mesma finalidade, Rodella *et al.* (1982, 1983-84, 1984) determinaram quantitativamente os diferentes tecidos presentes em folhas das espécies *Brachiaria brizantha* e *B. mutica*, *Sorghum bicolor*, e em *Panicum maximum* e *P. coloratum*, respectivamente. A análise quantitativa da anatomia foliar, em diferentes níveis de inserção no caule, mostrou que, em algumas espécies, houve aumento na área de tecidos lignificados das folhas basais para as apicais e, em outras, decréscimo.

Os resultados obtidos por Wilson (1976a e 1976b) e Rodella *et al.* (1982, 1983-84 e 1984) indicam, para algumas espécies, a ocorrência de maior proporção (porcentagem) de tecidos lignificados nas folhas mais novas, localizadas no topo da planta. Entretanto, em termos absolutos, as folhas mais jovens apresentam menor quantidade desses tecidos que as mais velhas.

Ventrella & Rodella (1996) e Ventrella *et al.* (1997a, 1997b) avaliaram a interação entre anatomia quantitativa e composição bromatológica, em espécies de *Cynodon*, em duas épocas do ano (verão e inverno). Durante o inverno, observou-se o desenvolvimento de características xeromórficas, como a ocorrência de maior porcentagem de células buliformes e de tecidos total ou parcialmente lignificados. A composição bromatológica indicou melhor qualidade da forrageira no inverno.

Alves de Brito *et al.* (1997a) analisaram a porcentagem dos tecidos epidérmico, parenquimático, vascular lignificado + esclerênquima e vascular não lignificado de caules, lâminas e bainhas foliares, em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.), constatando aumento na área de tecidos lignificados com o envelhecimento e o seu efeito na redução da degradação destes órgãos. Posteriormente, alguns trabalhos foram realizados para melhor avaliar os fatores que envolvem a anatomia vegetal e a degradação ruminal no capim-elefante (Alves de

Brito *et al.*, 1997a, 1997b, 1999; Deschamps & Alves de Brito, 1998). Alves de Brito & Rodella (1999b, 1999c) abordam a anatomia quantitativa da folha e do caule de *B. brizantha* e *B. humidicola*, apresentando somente dados preliminares do presente estudo.

Cada espécie forrageira possui uma taxa de consumo pelos animais, a qual se reduz com o envelhecimento da planta, principalmente pela perda da palatabilidade. Tal diferenciação, entre as espécies de *Brachiaria*, é descrita por Abramides *et al.* (1984) e Salerno *et al.* (1990), bem como constatada pelos pecuaristas, apresentando *B. humidicola* drástica restrição de consumo após 35-40 dias de idade, quando o pastejo pelos animais ocorre apenas nas folhas mais jovens, com nível de inserção superior (ponteiro), sendo desprezadas as demais. Por outro lado, as folhas de inserção inferior de *B. brizantha* apresentam consumo satisfatório, seja sob a mesma condição da *B. humidicola* ou até mesmo em idades mais avançadas.

O efeito da altura de pastejo na digestibilidade da matéria seca e na proteína bruta de *B. humidicola*, em três frequências de pastejo, foi estudado por Abramides *et al.* (1984). Neste estudo, os autores constataram acentuada diminuição na aceitabilidade da forrageira, sobretudo perto do florescimento.

Valle *et al.* (1988) determinaram a composição química da parede celular e a digestibilidade da matéria seca em caules e folhas de 5 espécies de *Brachiaria*, incluindo *B. brizantha* e *B. humidicola*.

Desta forma, conclui-se que as características anatômicas da planta podem fornecer uma série de indicações antecipadas sobre o seu potencial de digestibilidade, podendo ser utilizadas como uma primeira aproximação para a caracterização da qualidade das forrageiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMIDES, L.G.; BUFARAH, G.; BIANCHINE, D.; BRAUN, G., 1984. Efeito de Duas Alturas e Três Frequências de Pastejo em

- Braquiária Humidícola. **Bol. Ind. An.**, 41:131-143.
- AKIN, D.E., 1979. Microscopic Evaluation of Forage Digestion by Rumen Microorganisms - A Review. **J. Anim. Sci.**, 48(3):701-710.
- AKIN, D.E., 1989. Histological and Physical Factors Affecting Digestibility of Forages. **Agron. J.**, 81::17-25.
- AKIN, D.E., 1993. Perspectives of Cell Wall Biodegradation - Session Synopsis. In: JUNG, H.G; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. Madison: ASA/CSSA/SSSA. p. 73-82.
- AKIN, D.E.; BROWN, R.H.; RIGSBY, L.L., 1984. Digestion of Stem Tissues in *Panicum* Species. **Crop Sci.**, 24:769-773.
- AKIN, D.E. & BURDICK, D., 1975. Percentage of Tissue Types in Tropical and Temperate Grass Leaf Blades and Degradation of Tissues by Rumen Microorganisms. **Crop Sci.**, 15:661-668.
- AKIN, D.E. & BURDICK, D., 1977. Rumen Microbial Degradation of Starch-Containing Bundle Sheath Cells in Warm-Season Grasses. **Crop Sci.**, 17:529-533.
- AKIN, D.E. & BURDICK, D., 1981. Relationship of Different Histochemical Types of Lignified Cell Walls to Forage Digestibility. **Crop Sci.**, 21:577-581.
- AKIN, D.E.; BURDICK, D.; MICHAELS, G.E., 1974. Rumen Bacterial Interrelationships with Plant Tissue during Degradation Revealed by Transmission Electron Microscopy. **Appl. Microbiol.**, 27(6):1149-1156.
- AKIN, D.E.; ROBINSON, E.L.; BARTON II, F.E.; HIMMELSBACH, D.S., 1977. Changes with Maturity in Anatomy, Histochemistry, Chemistry and Tissue Digestibility of Bermudagrass Plant Parts. **J. Agric. Food Chem.**, 25(1):179-186.
- AKIN, D.E.; WILSON, J.R.; WINDHAM, W.R., 1983. Site and Rate of Tissue Digestion in Leaves of C_3 , C_4 and C_3/C_4 Intermediate *Panicum* Species. **Crop Sci.**, 23:147-155.
- ALCÂNTARA(B. & BUFARAH, G., 1992. **Plantas Forrageiras: Gramíneas e Leguminosas**. 4.ed. São Paulo: Nobel. 162p.
- ALLEN, M.S. & MERTENS, D.R., 1988. Evaluating Constraints on Fiber Digestion by Rumen Microbes. **J. Nutr.**, 118:261-270.

- ALVES DE BRITO, C.J.F., 1997. **Organização Estrutural e Degradação *in vitro* de Tecidos em *Pennisetum purpureum* Schum. (Poaceae).** Curitiba. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, UFPR/Curitiba. 119p.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; ALQUINI, Y.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C., 1997a. Perfil Anatômico dos Tecidos de Três Ecotipos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 2:09-11.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; ALQUINI, Y.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C., 1997b. Alterações Histológicas de Três Ecotipos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), Após Digestão *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 2:12-14.
- ALVES DE BRITO, C.J.F. & DESCHAMPS, F.C., 1998. Caracterização Anatômica de *Hemarthria altissima* (Poir) Stapf & C.E. Hubb (Poaceae). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 2:675-677.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; MENDONÇA, J.O.; DESCHAMPS, F.C., 1998. Morfologia e Anatomia Quantitativa de *Acroceras macrum* Stapf (Poaceae). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 2:672-674.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C.; ALQUINI, Y., 1999. Anatomia e Degradação *in vitro* de Tecidos em Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Re Soc. Bras. Zoot.**, 28(2):223-229.
- ALVES DE BRITO, C.J.F. & RODELLA, R.A., 1999a. Utilização da anatomia vegetal quantitativa na avaliação nutricional de gramíneas forrageiras. In: SEMANA DA BIO - UNESP, 3, 1999, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, p.28.

- ALVES DE BRITO, C.J.F. & RODELLA, R.A., 1999b. Anatomia Quantitativa da Folha e do Caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50, Blumenau, 1999. **Resumos...** Blumenau: SBB:06.
- ALVES DE BRITO, C.J.F. & RODELLA, R.A., 1999c. Quantificação Anatômica da Folha e do Caule de *Brachiaria brizantha* e *B.humidicola* em Três Níveis de Inserção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. (**Anais**). Porto Alegre: SBZ:43. 1 CD-ROM, 3p.
- BUXTON, D.R. & RUSSELL, J.R., 1988. Lignin Constituents and Cell-Wall Digestibility of Grass and Legumes Stems. **Crop Sci.**, 21:553-558.
- CHURCH, D.C., 1974. Fisiologia Digestiva y Nutrición de los Ruminantes. 1. Fisiologia Digestiva. Zaragoza: Acribia.
- CRONQUIST, A., 1981. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York: Columbia University Press. 1262p.
- DESCHAMPS, F.C., 1999. O Período de Crescimento e suas Implicações na Composição Química e Digestão de Cultivares de Capim-Elefante. **Ver. Bras. Zoot.**, 28(6):1358-1369.
- DESCHAMPS, F.C.; ALVES DE BRITO, C.J.F., 1998. Qualidade e Participação das Diversas Frações de Três Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 2:548-550.
- DESCHAMPS, F.C.; EMMEL, E.; RAMOS, L.P., 1998. Modificações Químicas Observadas na Parede Celular do Capim-Elefante ao Longo de 128 Dias de Crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 2:131-133.
- FORD, C.W.; MORRINSON, I.M.; WILSON, J.R., 1979. Temperature Effects on Lignin, Hemicellulose and Cellulose in Tropical and Temperate Grasses. **Aust. J. Agric. Res.**, 30:621-633.
- HANNA, W.W.; MONSON, W.G.; BURTON, G.W., 1973. Histological

- Examination of Fresh Forage Leaves After *in vitro* Digestion. **Crop Sci.**, 13:98-102.
- HATFIELD, R.D.; JUNG, H.J.G.; RALPH, J. *et al.*, 1994. A Comparison of the Insoluble Residues Produced by Klason Lignin and Acid Detergent Lignin Procedures. **J. Sci. Food Agric.**, 65:51-58.
- HATFIELD, R.D.; RALPH, J.; GRABBER, J.H., 1999a. Cell Wall Cross-Linking by Ferulates and Diferulates in Grasses. **J. Sci. Food Agric.**, 79:403-407.
- HATFIELD, R.D.; RALPH, J.; GRABBER, J.H., 1999b. Cell Wall Structural Foundations: Molecular Basis for Improving Forage Digestibilities. **Crop Sci.**, 39:27-37.
- JOHNSON, R.R.; DEHORITY, B.A.; PARSONS, J.L. *et al.*, 1962. Discrepancies Between Grasses and Alfafa When Estimating Nutritive Value from *in vitro* Cellulose Digestibility by Rumen Microorganisms. **J. Anim. Sci.**, 21:892-896.
- JOHNSTON, M.J & WAITE, R., 1965. Studies in the Lignification of Grasses. I. Perennial Rye-Grass and Cocksfoot. **J. Agric. Sci.**, 64:211-219.
- JUNG, H.G., 1989. Forage Lignins and their Effects on Fiber Digestibility. **Agron. J.**, 81:33-38.
- JUNG, H.G. & ALLEN, M.S., 1995. Characteristics of Plant Cell Walls Affecting Intake and Digestibility of Forages by Ruminants. **J. Anim. Sci.**, 73:2774-2790.
- JUNG, H.G. & CASLER, M.D., 1990. Lignin Concentration and Composition of Divergent Smooth Bromegrass Genotypes. **Crop Sci.**, 30:980-985.
- JUNG, H.G. & DEETZ, D.A., 1993. Cell Wall Lignification and Digestibility. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. Wisconsin: ASA/CSSA/SSSA. p.315-346.
- JUNG, H.G.; FAHEY JR., G.C.; MERCHEN, N.R., 1983. Effects of Ruminant Digestion and Metabolism on Phenolic Monomers of Forages. **Br. J. Nutr.**, 50:637-651.
- JUNG, H.G.; MERTENS, D.S.; PAYNE, A.J., 1997. Correlation of Acid

- Detergent Lignin and Klason Lignin with Digestibility of Forage Dry Matter and Neutral Detergent Fiber. **J. Dairy Sci.**, 80:1622-1628.
- JUNG, H.G. & NI, W., 1998. Lignification of Plant Cell Walls: Impact of Genetic Manipulation. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, 95:12742-12743.
- JUNG, H.G.; SMITH, R.R.; ENDRES, C.S., 1994. Cell Wall Composition and Degradability of Stem Tissue from Lucerne Divergently For Lignin and *in vitro* Dry-Matter Disappearance. **Grass and Forage Science**, 49:295-304.
- JUNG, H.G. & VOGEL, K.N., 1986. Influence of Lignin on Digestibility of Forage Cell Wall Material. **J. An. Sci.**, 62:1703-1712.
- KAMSTRA, L.D.; MOXON, A.L.; BENTLEY, O.G., 1958. The Effect of Stage of Maturity and Lignification on the Digestion of Cellulose in Forage Plants by Rumen Microorganisms *in vitro*. **J. An. Sci.**, 17:199-208.
- KERLEY, M.S.; FAHEY, G.C.; GOULD, J.M.; IANOTTI, E.L., 1988. Effect of Lignification, Cellulose Crystallinity and Enzyme Accessible Space on the Digestibility of Plant Cell Wall Carbohydrates by The Ruminant. **Food Microstruct.**, 07)59-65.
- LIMA, L.M.S., 1998. **Caracterização Anatômica, Anatomia Quantitativa e Análise da Degradação Ruminal de Caules e Folhas de Cultivares de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. (Poaceae)**. Curitiba. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, UFPR/Curitiba. 87p.
- MARTIN, S.A., 1994. Nutrient Transport by Ruminal Bacteria. A Review. **J. Anim. Sci.**, 72:3019-3031.
- McALLISTER, T.A.; BAE, H.D.; JONES, G.A.; CHENG, K.J., 1994. Microbial Attachment and Feed Digestion in the Rumen. **J. An. Sci.**, 72:3004-3018.
- METCALFE, C.R., 1960. **Anatomy of Monocotyledons, I - Gramineae**. Oxford: Clarendon Press. 731p.
- NASCIMENTO JR., D. & PINHEIRO, J.S., 1975. Valor Nutritivo do Capim-Jaraguá em Diferentes Idades. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 4(1):101-113.
- OLIVEIRA, B.A.D. de; FARIA, N.R.S.; SOUTO, S.M.; CARNEIRO,

- A.M.; DÖBEREINER, J. & ARONOVICH, S., 1973. Identificação de Gramíneas Tropicais com Via Fotossintética C₄ pela Anatomia Foliar. **Pesq. Agropec. Bras., Sér. Agron.**, 8:267-271.
- PACCIULO, A.S.C.; MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S. & SILVA, E.A.M da, 1999. Proporção de Tecidos e Espessura da Parede Celular em Espécies de Braquiária, Cultivadas sob Diferentes Níveis de Umidade no Solo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ:37. 1 CD-ROM, 3p.
- PELL, A.N. & SCHOFIELD, N., 1993. Microbial Adhesion and Degradation of Plant Cell Walls. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D.; RALPH, J. **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. Wisconsin: ASA/CSSA/SSSA. p.397-423.
- PUPO, N.I.H., 1980. **Manual de Pastagens e Forrageiras**. Campinas: IAC, 343p.
- RODELLA, R.A.; ANDRADE, M.M.; MAIMONI-RODELLA, R.C.S., 1983-84. Características da Anatomia Foliar de Quatro Cultivares de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Garcia de Orta, Sér. Bot.**, 6(1-2):41-46.
- RODELLA, R.A.; AYOUB, J.F.; MAIMONI-RODELLA, R.C.S., 1984. Estudos Quantitativos de Características Anatômicas da Folha de *Panicum maximum* Jacq. e *Panicum coloratum* L. **Rev. de Agricultura**, 59(2):163-174.
- RODELLA, R.A.; ISHIY, C.M.; MAIMONI-RODELLA, R.C.S.; AMARAL JÚNIOR, A., 1982. Estudo Quantitativo de Características Anatômicas de Folhas de Duas Espécies de *Brachiaria*. **Rev. Agrociência**, 2(2):21-30.
- RUSSEL, J.B. & HEPELL, R.B., 1981. Microbial Rumen Fermentation. **J. Dairy Sci.**, 64:1153-1169.
- SALERNO, A.R.; VETTERLE, C.N.; DESCHAMPS, F.C.; FREITAS, E.A.G., 1990. **Gramíneas Forrageiras Estivais Perenes no Baixo Vale do Itajaí**. Florianópolis: EMAPASC. 99p. (EMPASC, Boletim Técnico n°. 49).
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W., 1992. **Plant Physiology**. 4.ed. Belmont: Wadsworth. 682p.

- SILVA, J.F.C. da & LEÃO, M.I., 1979. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres. 380p.
- SMITH, L.B.; WASSHAUSEN, D.C.; KLEIN, R.M., 1982. Gramíneas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Parte I, Fasc. GRAM.. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1407p.
- SULLIVAN J.T., 1959. A Rapid Method for the Determination of Acid-Insoluble Lignin in Forages and its Relation to Digestibility. **J. Anim. Sci.**, 18:1292-1302.
- TERRY, R.A. & TILLEY, J.M.A., 1964. The Indigestibility of the Leaves and Stems of Perennial Ryegrass, Cocksfoot, Timothy, Tall Fescue, Lucerne and Sainfoin as Measured by *in vitro* Procedure. **J. Br. Grassl. Soc.**, 19:363-372.
- TEUNISSEN, M.J.; CAMP, H.J.M.; ORPIN, C.G. *et al.*, 1991. Comparison of Growth Characteristics of Anaerobic Fungi Isolated from Ruminant and Non-Ruminant Herbivores During Cultivation in a Defined Medium. **J. Gen. Microbiol.**, 137:1401-1408.
- THOMPSON, R.A. & ESTES, J.R., 1986. Anthecial and Foliar Micromorphology and Foliar Anatomy of *Brachiaria* (Poaceae: Paniceae). **Amer. J. Bot.**, 73(3):398-408.
- VALLE, C.B. de; MOORE, K.J.; MILLER, D.A., 1988. Cell Wall Composition and Digestibility in Five Species of *Brachiaria*. **Trop. Agroc.**, 65(4):337-340.
- VAN SOEST, N.J., 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Corvallis/Oregon: O&B Books. 374p.
- VENTRELLA, M.C., 1995. **Anatomia Quantitativa e Composição Bromatológica de Folha e Caule de Três Espécies de *Cynodon Rich.*** Botucatu. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, UNESP/Botucatu. 127p.
- VENTRELLA, M.C.; RODELLA, R.A., 1996. Anatomia Quantitativa e Composição Bromatológica da Folha de Três Espécies de *Cynodon Rich.* (Poaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 26, 1996, Nova Friburgo. **Resumos...** Nova Friburgo: SBB. p.251.
- VENTRELLA, M.C., RODELLA, R.A, COSTA, C., CURTI, P.R., 1997a. Anatomia e Bromatologia de Espécies Forrageiras de *Cynodon Rich.*

- I. Folha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 2:3-5.
- VENTRELLA, M.C., RODELLA, R.A, COSTA, C., CURI, P.R., 1997b. Anatomia e Bromatologia de Espécies Forrageiras de *Cynodon* Rich. II. Caule. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 2:6-8.
- WILKINS, R.J., 1969. The Potential Digestibility of Cellulose in Forage and Feces. **J. Agric. Sci.**, 73:57-64.
- WILKINS, R.J., 1972. The Potential Digestibility of Cellulose in Grasses and its Relationship with Chemical and Anatomical Parameters. **J. Agric. Sci.**, 78:457-464.
- WILSON, J. R., 1993. Organization of Forage Plant Tissues. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. Wisconsin: ASA/CSSA/SSSA. p.1-32.
- WILSON, J.R., 1976a. Variation of Leaf Characteristics with Level of Insertion on a Grass Tiller. II. Anatomy. **Aust. J. Agric. Res.**, 27:355-364.
- WILSON, J.R., 1976b. Variation of Leaf Characteristics with Level of Insertion on a Grass Tiller. I. Development Rate, Chemical Composition and Dry Matter Digestibility. **Aust. J. Agric. Res.**, 27:343-354.
- WILSON, J.R.; BROWN, R.H.; WINDHAM, W.R., 1983. Influence of Leaf Anatomy on the Dry Matter Digestibility of C_3 , C_4 and C_3/C_4 Intermediate Types of *Panicum* Species. **Crop Sci.**, 23:141-146.
- WILSON, J.R.; TAYLOR, A. O.; DOLBY, G.R., 1976. Temperature and Atmospheric Humidity Effects on Cell Wall Content and Dry Matter Digestibility of Some Tropical and Temperate Grasses. **N. Z. J. Agric. Res.**, 19:41-46.
- WOODMAN, H.E. & STEWART, J., 1932. The Mechanism of Cellulose Digestion in the Ruminant Organism. The Action of Cellulose Splitting Bacteria on the Fiber of Certain Typical Feeding Stuffs. **J. Agr. Sci.**, 22:527-547.