

## Tratamento do Feno de Braquiária pelo Fungo *Pleurotus ostreatus*<sup>1</sup>

Patrick Schmidt<sup>2</sup>, Francisco Stefano Wechsler<sup>3</sup>, José Soares do Nascimento<sup>4</sup>,  
Fernando Miranda de Vargas Junior<sup>5</sup>

**RESUMO** - A inoculação de forragens com fungos lignocelulolíticos é uma opção para melhorar a qualidade destas sem adição de produtos químicos. O tratamento do substrato influencia a ação do fungo e a qualidade final do produto. Neste experimento, aplicaram-se quatro tratamentos (compostagem do feno inteiro, compostagem do feno picado, hidratação do feno em água fria e hidratação do feno em água quente) a um feno de *Brachiaria decumbens*. Aos tratamentos seguiu-se inoculação com o fungo *Pleurotus ostreatus* e incubação por 35 dias, sob temperatura controlada. Usou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e medidas repetidas. Amostras foram colhidas semanalmente para acompanhar a degradação do substrato, mediante a análise química do feno. Observou-se aumento linear, com o decorrer do tempo, no teor de proteína bruta (PB) e na proporção de lignina na parede celular (LIG-FDN), e decréscimo linear nos valores de fibra em detergente neutro (FDN), celulose e hemicelulose. Não se observou efeito de tratamento no teor de FDA. Os tratamentos com compostagem apresentaram maiores valores de PB, lignina e LIG-FDN e menores de FDN e hemicelulose. Não se observou diferença entre os tratamentos com hidratação. O tratamento do feno de braquiária com o fungo propiciou degradação da fração fibrosa e aumento no teor de PB, com efeito mais intenso nos tratamentos que usaram compostagem. A ação do fungo foi mais efetiva sobre a hemicelulose que sobre os demais componentes da fibra.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, composição química, fibra, produtos “orgânicos”, tratamento biológico

## Pretreatment Effects on Fiber Degradation of *Brachiaria* Hay by *Pleurotus ostreatus* Fungus

**ABSTRACT** - The inoculation of forages with lignocellulolytic fungi is an option for improving quality without adding chemical products. Substrate quality influences fungal activity and endproduct quality. The effects of four treatments (composting of whole hay, composting of chopped hay, soaking in cool water and soaking in hot water) on a *Brachiaria decumbens* hay were evaluated. The treatments were followed by inoculation with *Pleurotus ostreatus* fungus and incubation over 35 days, under controlled temperature. A completely randomized design with four replicates and repeated measures was used. Weekly samples were taken to follow substrate degradation through chemical analysis of the hay. A linear increase over time was observed for crude protein (CP) and proportion of lignin in cell walls (LIG-NDF), whereas a linear decrease was observed for neutral detergent fiber (NDF), cellulose and hemicellulose contents. No treatment effect on ADF content was observed. The treatments based on composting showed higher CP, lignin and LIG-NDF contents and lower NDF and hemicellulose contents. No difference was observed between the treatments that used soaking. The biological treatment of *Brachiaria* hay caused degradation of the fibrous fraction and increased CP content, with stronger effect on those treatments that used composting. The fungus was more effective to increase hemicellulose content than the other fiber components.

Key Words: biological treatment, *Brachiaria decumbens*, chemical composition, fiber, “organic” products

### Introdução

Os fenos de gramíneas do gênero *Brachiaria* apresentam alta concentração de carboidratos estruturais e baixos níveis de proteína, bem como alto teor de lignina e tecidos lignificados. Estas características acarretam baixa digestibilidade da matéria seca e consumo suficiente apenas para manutenção dos animais, dependendo do estado de amadurecimento da

planta no momento da colheita e do processo de fenação (Reis et al., 1990). A lignina é resistente à degradação química, não sendo digerida pelas bactérias do rúmen; ela forma complexas associações com a celulose e a hemicelulose, reduzindo a digestibilidade da fibra (Van Soest, 1994).

Pode-se melhorar a digestibilidade de materiais lignocelulósicos submetendo-os a tratamentos físicos, químicos ou biológicos (Souza, 1998). Estes

<sup>1</sup> Parte integrante da dissertação de mestrado do primeiro autor. Trabalho publicado em forma de resumo nos Anais da 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.

<sup>2</sup> Zootecnista, Mestre. E.mail: patrick@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Prof., Dr., Depto. de Produção e Exploração Animal - FMVZ/Unesp, Botucatu/SP. E.mail: wechsler@fca.unesp.br

<sup>4</sup> Prof., MS, Depto de Microbiologia e Parasitologia – IB/UFPel, Pelotas/RS. E.mail: jose@ufpel.tche.br

<sup>5</sup> Zootecnista, Doutor. E.mail: vargasjr@fca.unesp.br

tratamentos visam a alterar a parede celular, química e estruturalmente, permitindo ação mais pronunciada das enzimas microbianas do rúmen (Reis et al., 1996).

Os tratamentos biológicos têm por base a inoculação com microorganismos (bactérias e fungos basidiomicetos) que atuam sobre o substrato, degradando preferencialmente a lignina, sem provocar perdas consideráveis de celulose e hemicelulose. Esses tratamentos apresentam segurança do ponto de vista ambiental, por não usar substâncias químicas durante o processo, surgindo como alternativa alimentar na produção de "animais orgânicos". Entretanto, os resultados disponíveis na literatura sobre tratamentos biológicos de forragens e seus efeitos sobre o valor nutritivo destas são escassos e contraditórios.

Na classe dos basidiomicetos, destacam-se os fungos do gênero *Pleurotus*, cogumelos comestíveis de alto valor nutricional, pouco exigentes em relação ao substrato e de bom desenvolvimento em condições rústicas. Segundo Platt et al. (1984), o complexo enzimático em certos cogumelos do gênero *Pleurotus* inclui, entre outras enzimas: celulase, celobiase, hemicelulase, ligninase e lacase. A lacase, uma fenoloxidase característica dos basidiomicetos causadores da podridão branca, degrada lignina fenólica e não-fenólica, produzindo ácidos aromáticos (Buswell & Odier, 1987). Platt et al. (1981) afirmam que 40 a 50% do conteúdo de lignina pode ser diminuído num período de 35 a 45 dias, cultivando-se *Pleurotus* sobre palha de arroz, sendo que a degradação da lignina é maior durante a fase inicial de colonização do substrato (corrida do micélio).

O processo usado para a fermentação de resíduos lignocelulósicos é conhecido como fermentação sólida. Este processo depende do tipo de substrato, da umidade relativa do substrato, da temperatura de incubação, da oxigenação e do pH (Capelari, 1996). A melhora na qualidade do material depende da espécie de fungo, da fração botânica estudada e da preparação prévia do substrato para degradação fúngica (Karunanandaa et al., 1996). Segundo Rajarathnam & Bano (1989), o pré-tratamento do substrato lignocelulósico tem grande influência na taxa de colonização por espécies de *Pleurotus* e, conseqüentemente, no aumento da solubilidade do substrato.

O objetivo do presente trabalho foi testar quatro pré-tratamentos do feno de *Brachiaria decumbens* e seis tempos de incubação, visando otimizar o crescimento e desenvolvimento do fungo *Pleurotus ostreatus*, para melhorar a degradação da fração lignocelulósica.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Módulo de Cogumelos do Depto. de Produção Vegetal da FCA/Unesp, campus de Botucatu/SP, nos meses de novembro e dezembro de 2000. A Tabela 1 apresenta a composição inicial do feno de braquiária. Os tratamentos empregados foram: CFI - compostagem do feno inteiro + pasteurização; CFP - compostagem do feno picado + pasteurização; HAF - hidratação em água fria do fardo inteiro + pasteurização; HAQ - hidratação em água quente do fardo inteiro.

A compostagem (CFI e CFP) consistiu em desmanchar os fardos, umedecer e enleirar o material, para favorecer uma fermentação microbiana. O material foi revirado a cada dois dias, a fim de promover oxigenação adequada. Este processo durou seis dias, e, em seguida, o material foi pasteurizado a 70°C por 18 horas. Esta compostagem é comumente usada na produção de cogumelos, visando diminuir o teor de sólidos solúveis no substrato, reduzir os níveis de contaminação por outros fungos, e aumentar o teor de umidade do feno, permitindo o crescimento mais rápido do micélio (Eira & Minhoni, 1997). A pasteurização foi feita usando-se uma caldeira aquecida a lenha que espalhava vapor de forma uniforme, numa câmara de alvenaria fechada, com chão ripado. A caldeira permaneceu funcionando por oito horas, mantendo-se a temperatura no interior da câmara em 70°C. Após o desligamento da caldeira, o material permaneceu na câmara até atingir a temperatura ambiente. Esta pasteurização visou eliminar possíveis microorganismos competidores do fungo inoculado. O feno no CFP foi picado em moinho de faca sem peneira, obtendo-se pedaços com tamanho médio de 8 cm.

A hidratação do fardo inteiro em água fria (HAF) foi realizada mergulhando o fardo em água por 18 horas, sendo o material pasteurizado em seguida, nas mesmas condições. No HAQ, a hidratação foi feita por meio de água fervente (100°C), por 10 horas. A hidratação (HAF e HAQ) é o método proposto para aumentar o teor de umidade no substrato e permitir o crescimento do fungo, sem a necessidade de compostagem, economizando tempo e mão-de-obra, além de não necessitar que o fardo seja desmanchado. No HAQ, a pasteurização não foi aplicada, por considerar-se o material esterilizado.

Em um tempo zero comum a todos tratamentos, após a temperatura estar estabilizada com o ambiente,

o material foi pesado e inoculado com semente de *Pleurotus ostreatus* 17/98, na base de 5% da matéria natural (MN) do feno úmido, e ensacado em sacos de polietileno de 100 litros, devidamente etiquetados, que permitiam pequena aeração. No CFI e CFP, a semente, produzida em serragem, foi misturada manualmente ao feno. No HAF e HAQ, foram feitas aberturas nos fardos e a semente foi distribuída uniformemente nestes. Cada tratamento foi repetido quatro vezes, em delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas. As 16 parcelas foram incubadas em estufa a 25°C, durante 35 dias.

Amostras foram colhidas semanalmente, a partir do dia zero, pré-secas a 55°C por 48 horas e processadas em moinho do tipo Wiley com peneira de 1 mm. Todo o material remanescente nos sacos foi novamente pesado após as cinco semanas de incubação, visando determinar a perda de matéria seca (MS) decorrente do crescimento e metabolismo do fungo. Essa perda foi determinada pela diferença entre o peso dos sacos ao início e ao final da incubação, descontando a quantidade retirada nas amostragens semanais e corrigindo os valores segundo o teor de MS.

As análises bromatológicas foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal da FMVZ/Unesp, campus de Botucatu/SP, segundo metodologia descrita por Silva (1990), determinando-se MS, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG), e calculando-se as proporções de hemicelulose (HEM-FDN), celulose (CEL-FDN) e lignina (LIG-FDN) na FDN.

A análise dos resultados bromatológicos foi feita pelo procedimento MIXED do SAS (1996), contendo o modelo os efeitos de tratamentos nas parcelas principais e os de colheitas e interação tratamentos x colheitas nas medidas repetidas; presumiu-se covariância auto-regressiva de ordem 1 entre colheitas. Os efeitos de tratamentos e colheitas foram desdobrados mediante contrastes ortogonais. Considerou-se significativo o resultado para o qual  $P=0,05/v$ , em que  $v$  = número de variáveis bromatológicas, ou seja,  $P=0,05/9 = 0,0056$ .

Os resultados relativos à perda de MS foram analisados pelo procedimento GLM do SAS (1996), incluindo-se no modelo os efeitos de tratamentos, que foram posteriormente desdobrados mediante contrastes.

## Resultados e Discussão

Não se observou interação entre tratamentos e colheitas de amostras; por esta razão, na Tabela 1 apresentam-se as médias da composição, conforme os tratamentos, e na Tabela 2, as médias de composição conforme os períodos de incubação.

Conforme a Tabela 1, os tratamentos influenciaram os teores de MS, PB, FDN, LIG, e HEM na matéria seca, bem como as proporções de hemicelulose e lignina na parede celular (HEM-FDN e LIG-FDN); entretanto, não se observou efeito nos teores de FDA e CEL. Os tratamentos baseados em compostagem (CFI e CFP) apresentaram menor teor médio de MS que os baseados em hidratação (HAF e HAQ); e a hidratação em água fria (HAF) redundou num teor médio de MS maior que a hidratação em água quente (HAQ). Observou-se que a compostagem (CFI e CFP), comparada à hidratação (HAF e HAQ), produziu maiores valores médios de PB, LIG e LIG-FDN e menores valores médios de FDN, HEM e HEM-FDN. A compostagem do feno inteiro (CFI) propiciou maiores teores de PB e LIG que a do feno picado (CFP). Tirante a MS, não se observou diferença entre a hidratação em água fria (HAF) e a hidratação em água quente (HAQ).

As diferenças observadas entre os tratamentos com e sem compostagem, no tocante à parede celular, podem ser atribuídas a melhor crescimento do fungo no material compostado, o que acarretou maior degradação da HEM, mas não da CEL ou LIG, levando à maior concentração de LIG na parede celular. A maior concentração de PB nos tratamentos com compostagem pode ser explicada pelo menor teor de FDN destes.

Os maiores teores de PB e LIG no CFI, em comparação com o CFP, também poderiam ser explicados por uma ação mais intensa do fungo. Estas diferenças podem estar relacionadas à redução na relação ar:água no feno picado, interferindo no metabolismo semi-anaeróbio do fungo (Rajaratnan & Bano, 1989).

Constam na Tabela 2 o efeito do tempo de incubação sobre a composição química. As equações de regressão calculadas para as médias das variáveis que apresentaram efeito linear são apresentadas graficamente na Figura 1.

Observou-se aumento linear nos valores de PB com o decorrer da incubação. O fungo *Pleurotus* não fixa nitrogênio atmosférico, e aumento no teor de

Tabela 1 - Médias (% da MS) da composição do feno, conforme o tratamento  
 Table 1 - Hay composition averages (%), according to the treatment

Variáveis <sup>3</sup> Variables <sup>3</sup>	Tratamento <sup>1</sup> Treatment <sup>1</sup>						Contrastes <sup>2</sup> Contrasts <sup>2</sup>		
	NT	CFI	CFP	HAF	HAQ	EP <sup>4</sup>	CFI+CFP vs HAF+HAQ	CFI vs CFP	HAF vs HAQ
MS	93,3	27,4	28,6	35,2	29,8	0,63	P=0,0001	n.s.	P=0,0001
DM									
PB	3,4	4,9	4,3	3,9	3,6	0,09	P=0,0001	P=0,0004	n.s.
CP									
FDN	76,0	75,8	74,0	78,8	81,1	1,12	P=0,0007	n.s.	n.s.
NDF									
FDA	46,0	54,0	51,3	50,8	52,4	0,86	n.s.	n.s.	n.s.
ADF									
HEM	30,0	21,8	22,6	28,0	28,6	0,73	P=0,0001	n.s.	n.s.
HEM									
CEL	34,7	35,5	35,6	36,0	38,6	0,56	n.s.	n.s.	n.s.
CEL									
LIG	8,8	13,8	12,1	10,8	10,6	0,33	P=0,0001	P=0,0034	n.s.
LIG									
HEM-FDN	39,5	28,6	30,3	35,4	35,2	0,73	P=0,0001	n.s.	n.s.
HEM-NDF									
CEL-FDN	45,7	46,7	48,1	45,8	47,7	0,41	n.s.	n.s.	n.s.
CEL-NDF									
LIG-FDN	11,6	18,4	16,6	13,8	13,2	0,49	P=0,0001	n.s.	n.s.
LIG-NDF									

<sup>1</sup> NT - feno não tratado; CFI - compostagem do feno inteiro + pasteurização; CFP - compostagem do feno picado + pasteurização; HAF - hidratação do fardo inteiro em água fria + pasteurização; HAQ - hidratação do fardo inteiro em água quente.

<sup>2</sup> n.s. = não significante ( $P > 0,05/9 = 0,0056$ ).

<sup>3</sup> PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HEM = hemicelulose; CEL = celulose; LIG = lignina; HEM-FDN = percentagem de hemicelulose na FDN; CEL-FDN = percentagem de celulose na FDN; LIG-FDN = percentagem de lignina na FDN.

<sup>4</sup> EP = erro-padrão da média de tratamento.

<sup>1</sup> NT - non-treated hay; CFI - whole hay composting + pasteurization; CFP - chopped hay composting + pasteurization; HAF - soaking in cool water + pasteurization; HAQ - soaking in hot water.

<sup>2</sup> n.s. = not significant ( $P > 0,05/9 = 0,0056$ ).

<sup>3</sup> CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; HEM = hemicellulose; CEL = cellulose; LIG = lignin; HEM-NDF = percentage of hemicellulose in NDF; CEL-NDF = percentage of cellulose in NDF; LIG-NDF = percentage of lignin in NDF.

<sup>4</sup> EP = standard error mean of treatment.

PB do substrato deve ser atribuído à perda de carboidratos característica do crescimento fúngico (Nicolini et al., 1993). O teor médio de PB foi elevado em 39,0% entre o início e o final da incubação. Nicolini et al. (1993) observaram aumentos de 18,7% no teor de PB após 70 dias de incubação com *P. ostreatus* na palha de trigo. Já em Bisaria et al. (1997), o aumento no teor de PB, após 20 dias de incubação, foi de 141,9%, usando o mesmo fungo e volumoso, em condições de laboratório.

Não se observou alteração nos teores de FDA e lignina, mas observou-se aumento linear na LIG-FDN. Os valores de FDN, CEL, HEM e HEM-FDN apresentaram decréscimo linear no decorrer do tempo. Já a CEL-FDN apresentou efeito quadrático de tempo (Tabela 2).

Os teores de FDN, CEL e HEM apresentaram redução média de 15,3; 13,8 e 32,7%, respectivamente,

entre o início e o fim da incubação, evidenciando, assim, degradação preferencial da hemicelulose pelo fungo, conforme relatado por Suzuki et al. (1995). Estes autores observaram redução no teor de hemicelulose, sem alteração no teor de celulose, após tratamento de palha de trigo com *P. salmoneostramineus*.

O aumento linear na concentração da LIG na parede celular também pode ser explicado por esta ação preferencial do fungo na HEM. Embora Rajarathnam & Bano (1989) afirmem que os basidiomicetos provocam degradação preferencial da lignina, o presente trabalho não observou este efeito. Tampouco Adamovic et al. (1998), trabalhando com palha de trigo inoculada com *P. ostreatus*, relataram degradação preferencial da lignina. Os decréscimos observados por estes autores foram: 34 % na FDN, 17% na hemicelulose, 15% na celulose, 15% na FDA

Tabela 2 - Médias (% da MS) da composição dos fenos tratados, conforme o tempo de incubação  
 Table 2 - Composition averages (%) of the treated hays, according to the incubation time

Variáveis <sup>2</sup> Variables <sup>2</sup>	Dia Day						EP <sup>3</sup>	Efeito <sup>1</sup> Effect <sup>1</sup>
	0	7	14	21	28	35		
MS	30,3	30,2	28,7	30,2	32,0	30,2	0,78	n.s.
DM								
PB	3,2	3,8	3,9	4,3	4,6	5,3	0,1173	A (P=0,0001)
CP								
FDN	84,0	82,1	76,8	75,7	74,8	71,1	1,4763	D (P=0,0001)
NDF								
FDA	53,6	52,9	51,6	51,7	52,3	50,7	1,2096	n.s.
ADF								
HEM	30,3	29,2	25,2	24,0	22,5	20,4	0,7805	D (P=0,0001)
HEM								
CEL	39,6	38,7	35,9	34,8	35,4	34,1	0,7535	D (P=0,0001)
CEL								
LIG	10,8	11,8	11,7	12,2	12,8	11,9	0,4863	n.s.
LIG								
HEM-FDN	36,0	35,5	32,6	31,5	30,0	28,6	0,8170	D (P=0,0001)
HEM-NDF								
CEL-FDN	47,2	47,2	46,7	46,0	47,3	48,0	0,3851	Q (P=0,0048)
CEL-NDF								
LIG-FDN	12,9	14,4	15,4	16,3	17,2	16,8	0,6115	A (P=0,0001)
LIG-NDF								

<sup>1</sup> NT - feno não tratado; CFI - compostagem do feno inteiro + pasteurização; CFP - compostagem do feno picado + pasteurização; HIF - hidratação do fardo inteiro em água fria + pasteurização; HAQ - hidratação do fardo inteiro em água quente.

<sup>2</sup> n.s. = não significativo (P>0,05/9=0,0056).

<sup>3</sup> PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HEM = hemicelulose; CEL = celulose; LIG = lignina; HEM-FDN = percentagem de hemicelulose na FDN; CEL-FDN = percentagem de celulose na FDN; LIG-FDN = percentagem de lignina na FDN.

<sup>4</sup> EP = erro-padrão da média de tratamento.

<sup>1</sup> NT = not treated hay; CFI = whole hay composting + pasteurization; CFP = chopped hay composting + pasteurization; HIF = soaking in cool water + pasteurization; HAQ = soaking in hot water.

<sup>2</sup> n.s. = not significant (P>0.05/9=0.0056).

<sup>3</sup> CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; HEM = hemicellulose; CEL = cellulose; LIG = lignin; HEM-NDF = percentage of hemicellulose in NDF; CEL-NDF = percentage of cellulose in NDF; LIG-NDF = percentage of lignin in NDF.

<sup>4</sup> EP = standard error mean of treatment.

e 4% na lignina, após 120 dias de incubação. Contudo, Moyson & Verachtert (1991) observaram, após 12 semanas de incubação com duas espécies do gênero *Pleurotus*, degradação de hemicelulose e lignina (59 e 54%) e pequena redução no teor de celulose (11%). No presente trabalho, a degradação da fração fibrosa possivelmente continuaria, se o período de incubação fosse estendido, uma vez que se observou efeito linear de tempo no intervalo estudado. Com maior tempo de incubação, mudanças no perfil de degradação desta fração poderiam ser observadas, uma vez que, consumidos os componentes mais disponíveis, a degradação se estenderia à lignina.

Os valores da perda de matéria seca, decorrente do crescimento e metabolismo do fungo, apresentaram grande variação entre parcelas (CV=119,04%). As perdas médias observadas foram 3,96; 8,50; 14,56 e 7,53% da MS inicial, para os tratamentos CFI, CFP, HAF e HAQ, respectivamente, não tendo

sido observado efeito de tratamento. Berger et al. (1994) citam trabalhos nos quais a fermentação sólida de resíduos lignocelulósicos acarretou perdas de matéria seca de 17 a 42%. Segundo estes autores, estas perdas, bem como o longo tempo necessário para o tratamento, são as principais desvantagens do uso de fungos da podridão branca no tratamento biológico.

## Conclusões

A incubação do feno de braquiária inoculado com *Pleurotus ostreatus* propicia degradação da fração fibrosa e aumento no teor de PB. Durante o período de tratamento estudado, a hemicelulose foi o componente que apresentou maior taxa de degradação. Este efeito foi mais intenso nos tratamentos submetidos a compostagem prévia. Entretanto, a compostagem requer tempo e mão-de-obra adicionais; por este

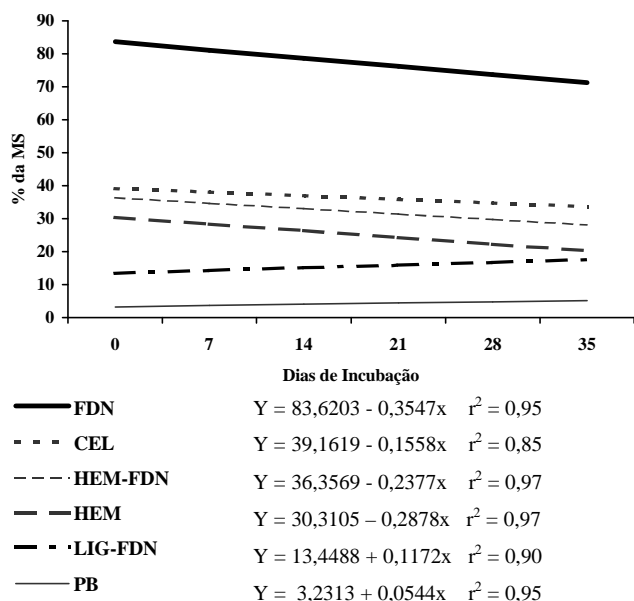


Figura 1 - Equações de regressão das variáveis com efeito linear, baseadas nas médias por tempo.

Figure 1 - Regression equations for the variables showing linear effect, based on time means.

motivo, a imersão em água fria parece ser a opção mais viável na prática.

As perdas de matéria seca decorrentes do metabolismo fúngico apresentaram-se muito variáveis, sem efeito detectável de tratamento.

### Agradecimento

Ao professor Augusto Ferreira da Eira, do Departamento de Produção Vegetal da FCA/Unesp, câmpus de Botucatu, pela ajuda e instalações do Módulo de Cogumelos.

### Literatura Citada

- ADAMOVIĆ, M.; GRUBIĆ, G.; MILENKOVIĆ, I. et al. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. **Animal Feed Science Technology**, v.71, p.357-362, 1998.
- BISARIA, R.; MADAN, M.; VASUDEVAN, P. Utilization of agro-residues as animal feed through bioconversion. **Bioresource Technology**, v.59, p.5-8, 1997.
- BERGER, L.L.; FAHEY, G.C.; BOURQUIN, L.D. et al. Modification of forage after harvest. In: FAHEY, D.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p.922-966.
- BUSWELL, J.A.; ODIER, E. Lignin biodegradation. **CRC Critical Reviews in Biotechnology**, v.6, n.1, p.01-60, 1987.
- CAPELARI, M. **Atividade biodegradadora e cultivo de três espécies comestíveis de basidiomicetos: *Pleurotus spp.* e *Agrocybe perfecta* (Rick) Sing**. São Paulo: Universidade

de São Paulo, 1996. 190p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, 1996.

- EIRA, A.F.; MINHONI, M.T.A. **Manual de cultivo do hiratake e shimeji (*Pleurotus spp.*)**. 1.ed. Botucatu: FEPAF, 1997. 63p.
- KARUNANANDAA, K.; VARGA, G.A. Colonization of crop residues by white-rot fungi: cell wall monosaccharides, phenolic acids, ruminal fermentation characteristics and digestibility of cell wall fiber components in vitro. **Animal Feed Science Technology**, v.63, p.273-288, 1996.
- MOYSON, E.; VERACHTERT, H. Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of the substrate. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.36, p.421-424, 1991.
- NICOLINI, L.; VOLPE, C.; PEZZOTTI, A. et al. Changes in in-vitro digestibility of orange peels and distillery grape stalks after solid-state fermentation by higher fungi. **Bioresource Technology**, v.45, p.17-20, 1993.
- PLATT, M.; CHET, I.; HENIS, Y. Lignocellulose degradation during growth of the mushroom *Pleurotus sp.* Florida on cotton straw. **European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology**, v.13, p.194-201, 1981.
- PLATT, M.W.; HADAR, Y.; CHET, I. Fungal activities involved in lignocellulose degradation by *Pleurotus*. **European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology**, v.20, p.150-154, 1984.
- RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* mushrooms. Part III. Biotransformations of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.28, n.1, p.31-113, 1989.
- REIS, R.A.; GARCIA, R.; SILVA, D.J. et al. Efeitos da aplicação de amônia anidra sobre a digestibilidade do feno do capim-braquiária. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.3, p.201-208, 1990.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Sementes de gramíneas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1996. p.259-280.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 160p.
- SOUZA, O. Tratamento de subprodutos e resíduos lignocelulósicos com uréia na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1998. p.195-213.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's guide: statistics, version 6.1**. 5.ed. Cary, NC: 1996. 622p.
- SUZUKI, Y.; OKANO, K.; NAKAJIMA, T. White-rot fungal treatment of unsterilized wheat straw by *Pleurotus salmoneostramineus* to improve its digestibility. **Animal Science Technology (Japan)**, v.66, n.5, p.406-411, 1995.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

Recebido em: 27/08/02

Aceito em: 28/04/03