ENEMP 2017

XXXVIII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados
22 a 25 de outubro de 2017
Departamento de Engenharia Química
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná

# INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS NO RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE CORNICHÃO (*Lotus corniculatus* L.) UTILIZANDO LEITO DE JORRO

E.R. ECHEVARRIA[1*], B. ZORZI[1], J.C.P. OLIVEIRA[2], G.S. da ROSA[1]

[1]Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Química
[2]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pecuária Sul
*e-mail: erechevarria@hotmail.com

RESUMO - O recobrimento de sementes é uma técnica de beneficiamento promissora para corrigir falhas e melhorar características de lotes de sementes. Sua aplicação em sementes de cornichão é importante uma vez que as mesmas são muito pequenas e leves dificultando o uso e regulagem de tecnologias agrícolas. O leito de jorro é utilizado nesse processo pois seu movimento cíclico aliado a atomização resultam em uma cobertura regular e uniforme. Com isso, o presente trabalho apresentou como objetivo estudar a fluidodinâmica das sementes em leito de jorro para diferentes cargas mássicas e verificar a influência das condições operacionais no recobrimento de sementes de cornichão em leito de jorro. Para isso utilizou-se um planejamento experimental composto central rotacional (DCCR), tendo como variáveis independentes temperatura do ar e vazão da suspensão e como respostas eficiência do processo e crescimento das partículas. Os resultados da fluidodinâmica mostraram que a carga mássica que melhor se adequou ao processo foi 500 g de sementes e considerou-se como mais satisfatório o experimento que proporcionou maiores valores para a eficiência do processo (50,36 %) e crescimento das partículas (2,91 %), provenientes do recobrimento com temperatura de 75 °C e vazão da suspensão de 13,4 mL/min.

## INTRODUÇÃO

O beneficiamento de sementes é uma etapa pós-colheita fundamental para se obter sementes de boa qualidade, pois nessa etapa é possível remover contaminantes, como sementes de outras espécies e ervas daninhas, sementes deterioradas, além de possibilitar a correção de falhas e a melhoria das características de lotes de sementes (França Neto et al., 2007).

Uma das técnicas de beneficiamento de sementes que tem apresentado vantagens ao agricultor é o recobrimento. Ele permite a aplicação conjunta de fungicida, inseticida, micronutrientes e inoculantes, melhora as condições de plantabilidade além de uniformizar o tamanho, peso e formato das sementes (Taylor et al., 1998; Avelar, 2009).

O cornichão (*Lotus corniculatus* L.) é uma espécie de grande destaque na pecuária nacional devido aos seus grandes índices de exportação mas, contudo, no Rio Grande do Sul devido a sua adaptação ao frio e as geadas predominantes do clima gaúcho além, de seu elevado teor forrageiro que favorece a produção de bovinos com alimentação baseada em pastagens (Soares, 2012; Trevisan, 2012; Porto, 2008; Soster et al., 2004; Carvalho et al., 2010).

Porém, apesar dessa espécie apresentar inúmeras vantagens ela também apresenta alguns *déficits* como ser muito pequena e leve limitando ou impedindo a utilização de tecnologias agrícolas (Jacob Júnior et al., 2004; Oliveira et al., 2015).

Essas características podem ser corrigidas através do recobrimento de sementes. Utilizando o leito de jorro para tal

procedimento obtêm-se uma cobertura regular e uniforme às sementes devido a boa adesão da suspensão à partícula e uma secagem adequada resultantes do movimento cíclico e da atomização (Teunou, Poncelet, 2002; Freire, Oliveira, 1992).

O objetivo desse estudo foi verificar a fluidodinâmica das sementes em leito de jorro para diferentes cargas mássicas e a influência das condições operacionais no recobrimento de sementes de cornichão em leito de jorro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

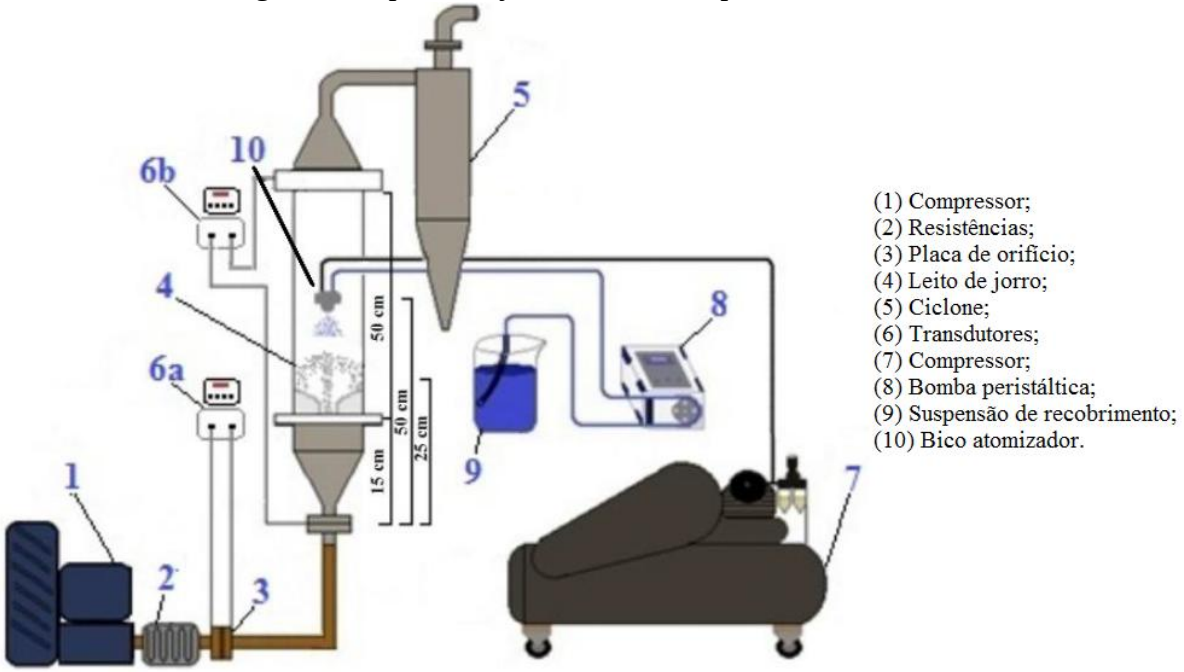
Foram utilizadas sementes de cornichão (*Lotus corniculatus* L.) cv. São Gabriel lote 2012 cedidas pela Embrapa Pecuária Sul conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Sementes de Cornichão

As sementes foram caracterizadas fisicamente quanto a classificação de Geldart a fim de verificar se elas se adequavam as exigências fluidodinâmicas do processo.

O sistema experimental utilizado pode ser observado na Figura 2.

Figura 2: Representação do sistema experimental utilizado




Primeiramente realizou-se o ensaio fluidodinâmico das sementes de cornichão em leito de jorro testando cargas de 500 e 750 g a fim de verificar a carga ideal a ser utilizada.

Após, o processo de recobrimento consistiu em abastecer o leito de jorro com a carga de sementes previamente determinada pela análise fluidodinâmica. Em seguida foi iniciada a alimentação do ar de jorro sendo esse aquecido na qual a vazão foi verificada e controlada com base em transdutores.

Quando a temperatura de entrada do ar atingiu o valor desejado foi iniciada a alimentação da suspensão de recobrimento através de um bico atomizador de duplo fluido a uma vazão estabelecida com base em ensaios preliminares. O tempo de atomização da suspensão foi fixado em 20 min para todos os experimentos. A formulação da suspensão de recobrimento apresentou composição em peso de 1 % de gelatina, 1 % de amido, 2 % do polímero comercial ColorSeed®, 3 % de

plastificante (glicerol), 9 % de talco e 84 % de água.

Foi elaborado um planejamento experimental do tipo composto central rotacional (DCCR) com réplica no ponto central a fim de analisar a influência das condições operacionais na eficiência do processo e no crescimento das partículas. Como variáveis de entrada (ou independentes) a vazão da suspensão e a temperatura do ar, como variáveis de saída (ou dependentes) a eficiência do processo e o crescimento das partículas e como variáveis constantes a pressão de atomização, o tempo de recobrimento e a massa das sementes.

A Tabela 1 apresenta os valores codificados e os originais para as variáveis do planejamento experimental.

Tabela 1: Valores codificados e originais para variáveis de planejamento

| Variáveis | Níveis | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| independentes | -1,41 | -1 | 0 | 1 | 1,41 |
| $T_{ar}$ (°C) | 60,9 | 65 | 75 | 85 | 89,1 |
| $W_s$ (mL/min) | 10,6 | 11 | 12 | 13 | 13,4 |

A eficiência do processo de recobrimento foi calculada a partir da Equação 1.

$$\eta = \frac{m_f - m_o}{W_s \rho_{sus} t C_{sus}} \quad (1)$$

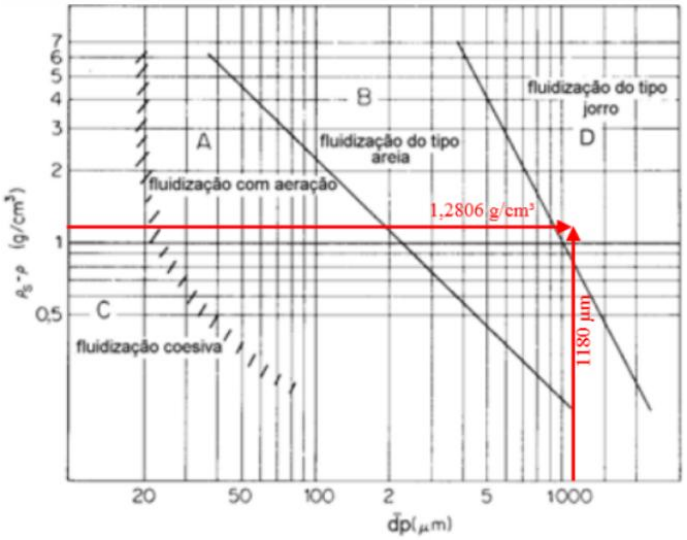
O crescimento das partículas foi determinado através da Equação 2.

$$\delta = \frac{m_f - m_o}{m_0} \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

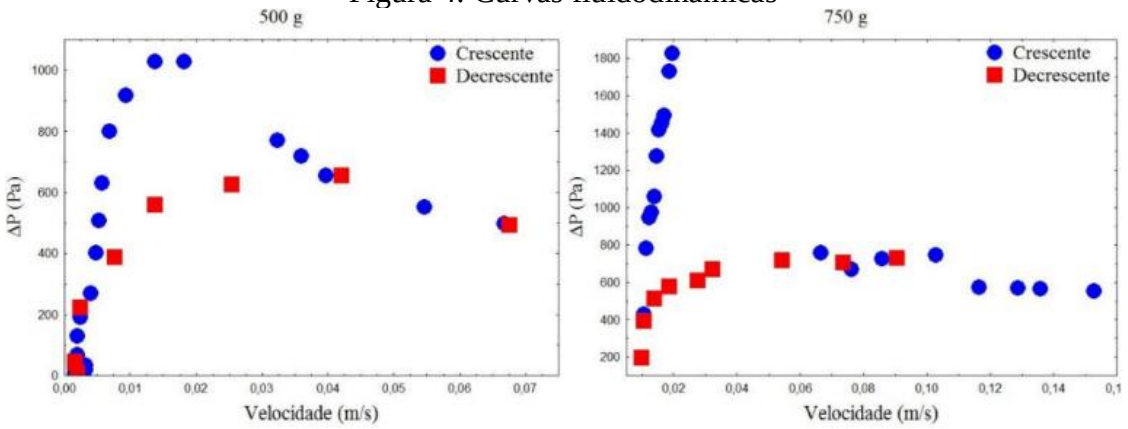
Através do diagrama de Geldart (1973) com os valores de massa específica do sólido ($\rho_s$), massa específica do ar ($\rho_{ar}$) e diâmetro de Sauter ($dp_S$) pôde-se classificar as sementes de cornichão. Conforme a Figura 3 é possível afirmar que elas pertencem ao grupo D, correspondendo a fluidização do tipo jorro, demonstrando assim que estas podem ser empregadas com sucesso em processos que utilizam o leito de jorro.

Figura 3: Classificação quanto à Geldart




A Figura 4 apresenta as curvas características de fluidodinâmica para as cargas mássicas de 500 e 750 g, respectivamente.

Figura 4: Curvas fluidodinâmicas




As curvas fluidodinâmicas obtidas apresentam perfis típicos aos da literatura. Pode-se observar que ambas apresentam o mesmo comportamento, com um período de

jorro estável, o que indica que as duas cargas mássicas testadas podem ser utilizadas nos futuros ensaios de recobrimento. Porém, devido a disponibilidade de matéria-prima e a necessidade de economizar insumo e minimizar o tempo do processo de recobrimento decidiu-se trabalhar com a carga de 500 g.

Através dos ensaios fluidodinâmicos foi possível obter os parâmetros experimentais conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros fluidodinâmicos obtidos experimentalmente

| Carga mássica (g) | $\Delta P_M$ (Pa) | $\Delta P_s$ (Pa) | $\Delta P_{jmín}$ (Pa) | $U_{jm}$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| 500 | 1029,40 | 493,5 | 655,4 | 0,04 |
| 750 | 1825,2 | 571 | 744 | 0,04 |

Observa-se que para a carga mássica a ser utilizada obteve-se uma perda de carga máxima de 1029 Pa. E para que houvesse a ocorrência de jorro foi necessário uma perda de carga de jorro mínimo de 655 Pa correspondente a uma velocidade de jorro mínimo de 0,04 m/s.

Para a execução do planejamento experimental foram realizados 10 ensaios de recobrimento, tendo como respostas a eficiência do processo de recobrimento e o crescimento das partículas. Os parâmetros utilizados e os valores obtidos experimentalmente estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros experimentais dos ensaios de recobrimento

| Experimento | $T_{ar}$ (°C) | $W_s$ (mL/min) | Eficiência η (%) | Crescimento δ (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | -1 | -1 | 22,29 | 1,1582 |
| 2 | -1 | +1 | 08,75 | 0,5844 |
| 3 | +1 | -1 | 06,16 | 0,3171 |
| 4 | +1 | +1 | 14,61 | 0,9764 |
| 5 (A) | -1,41 | 0 | 33,80 | 1,7506 |
| 6 (A) | +1,41 | 0 | 08,48 | 0,4393 |
| 7 (A) | 0 | -1,41 | 38,53 | 1,7627 |
| 8 (A) | 0 | +1,41 | 50,36 | 2,9128 |
| 9 (C) | 0 | 0 | 17,41 | 1,5080 |
| 10 (C) | 0 | 0 | 20,40 | 1,3827 |

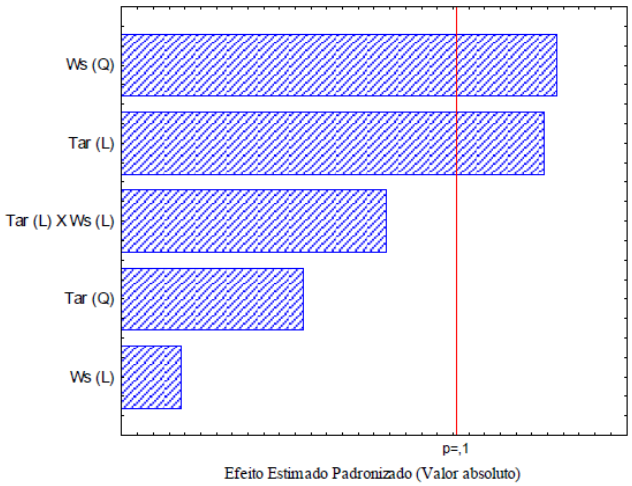
Observando a Tabela 3 pode-se verificar que, para um tempo fixo de processo de 20 min, a eficiência do processo obteve faixas entre 6 a 50 %, já para crescimento das partículas obteve faixas entre 0,3 a 2,9 %. Eficiências e crescimentos maiores poderiam ser alcançados com tempos maiores de recobrimento.

Almeida (2002) estudou o recobrimento de sementes de linhaça e obteve as faixas de 61 a 80 % para eficiência e 5 a 6 % para crescimento. Já Costa (2010) encontrou, para a eficiência a faixa de 21 a 48 % e para o crescimento 13 a 27 %. Verifica-se que os valores encontrados para o crescimento não estão próximos aos remetidos pelas literaturas. Tal fato pode ser justificado pela diferença nas faixas de temperatura utilizadas, pela diferença nos materiais da suspensão ou alguma outra condição do processo.

A interpretação dos resultados obtidos foi realizada através de métodos estatísticos de acordo com o planejamento utilizado visando encontrar as interações entre as variáveis com base nas evidências experimentais. Os resultados do planejamento foram obtidos considerando uma confiança de 90 % e também considerando erro puro.

A significância dos efeitos individuais e combinados das variáveis independentes sobre a eficiência do processo pode ser confirmada pelo diagrama de Pareto, conforme Figura 5, em que os efeitos que estão a direita do limiar de significância ($p \leq 0,1$) apresentam efeito significativo.

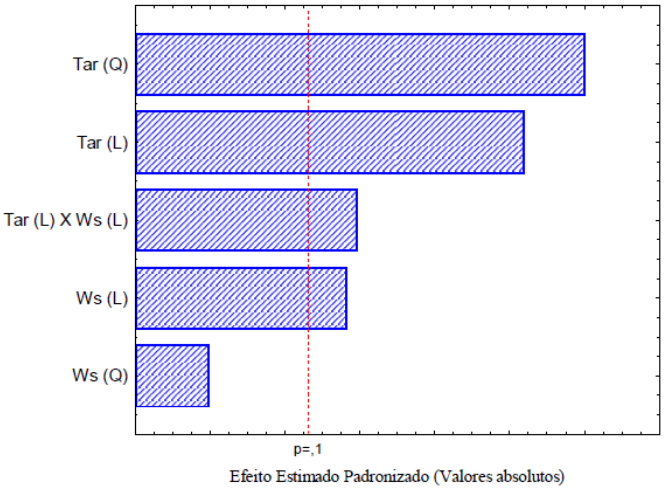
Figura 5: Diagrama de Pareto para eficiência do processo




Verifica-se que, apenas os efeitos $T_{ar}$ (L) e $W_s$ (Q) apresentaram efeito significativo para a resposta sendo o efeito quadrático da vazão o mais pronunciado. A temperatura mostrou efeito negativo, o que significa que a medida em que aumenta-se a temperatura, diminui-se a eficiência, enquanto que para a vazão quanto mais aumenta-se a vazão mais aumenta-se a eficiência. Foi observada a maior eficiência do processo para a maior vazão de suspensão, conforme o esperado, apesar da influência da temperatura.

Da mesma forma que na eficiência do processo, verificou-se a influência das condições operacionais do processo (variáveis independentes) no crescimento das partículas. Através do diagrama de Pareto mostrado na Figura 6, verifica-se as variáveis que apresentam efeito significativo.

Figura 6: Diagrama de Pareto para crescimento das partículas




Verifica-se que os efeitos Tar (L), Tar (Q), Ws (L) e T ar (L) x Ws (L) apresentaram efeitos significativo para a resposta sendo o efeito quadrático da temperatura do ar o mais pronunciado. Salienta-se, mais uma vez, o efeito negativo dos termos linear e quadrático da temperatura mostrando que a medida em que aumenta-se a temperatura, diminui-se o crescimento, enquanto que para a vazão quanto mais aumenta-se a vazão mais aumenta-se o crescimento da mesma forma que ocorreu para a eficiência do processo e que também era o esperado.

## CONCLUSÕES

Conclui-se então que as sementes se enquadraram no grupo D da classificação de *Geldart*, portanto, são do grupo jorráveis e assim atendem as características necessárias para utilização em leito de jorro.

As curvas fluidodinâmicas das sementes estão de acordo com a curva típica fluidodinâmica. A carga mássica mais adequada ao processo foi de 500 g onde, com essa carga, obteve-se valores de queda de pressão máxima de 1029,40 Pa, queda de pressão de jorro mínimo de 655,4 Pa e velocidade de jorro mínimo de 0,04 m/s.

Realizando-se o estudo do processo de recobrimento das sementes em leito de jorro foi possível concluir que a eficiência do recobrimento obteve faixas entre 6 a 50 % e o crescimento da partícula entre 0,3 a 2,9 %. Os efeitos mais pronunciados foram $W_s$ (Q) para a eficiência do processo e $T_{ar}$ (Q) para o crescimento das sementes.

## NOMENCLATURA

| | | |
|---|---|---|
| $C_{sus}$ | concentração de sólidos | [-] |
| cv. | cultivar | [-] |
| $dp_S$ | diâmetro de *Sauter* | [mm] |
| $m_f$ | massa final de sólidos secos | [g] |
| $m_o$ | massa inicial de sólidos secos | [g] |
| $t$ | tempo de processo | [min] |
| $T_{ar}$ | temperatura do ar | [ °C] |
| $U_{jm}$ | | (m/s |
| $W_s$ | vazão da suspensão | [mL/min] |

| | | |
|---|---|---|
| $\Delta P_{jmín}$ | perda de carga de jorro mínimo | [Pa] |
| $\Delta P_M$ | perda de carga máxima | [Pa] |
| $\Delta P_s$ | perda de carga de jorro estável | [Pa] |
| $\delta$ | crescimento das partículas | [%] |
| $\eta$ | eficiência do processo | [%] |
| $\rho_{ar}$ | massa específica do ar | [kg/m³] |
| $\rho_s$ | massa específica do sólido | [kg/m³] |
| $\rho_{sus}$ | massa específica da suspensão | [kg/m³] |

## REFERÊNCIAS


ALMEIDA, C. de. Recobrimento de Sementes de Brócolos em Leito de Jorro e Leito Fluidizado. UNICAMP. (tese de doutorado)

AVELAR, S. A. G. (2009), Tratamento e recobrimento de sementes de soja com polímeros líquido e em pó. UFPel. (dissertação de mestrado)

CARVALHO, P. C. de F.; SANTOS, D. T.; GONÇALVES, E. N.; MORAES, A.; NABINGER, C. (2010), "Forrageiras de clima temperado", Grupo de pesquisa ecologia do pastejo UFRGS, cap. 16.

COSTA, C. M. L. Caracterização e Análise Experimental do Recobrimento de Sementes de Jambu (Spilanthes oleracea) em Leito Fluidizado. UNICAMP. (tese de doutorado)

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. (2007), "Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade: Série sementes", Circular Técnica.

FREIRE, J. T.; OLIVEIRA, W. P. (1992), "Aspectos tecnológicos dos processos de recobrimento de partícula", Tópicos especiais em secagem. São Carlos, UFSCar, p. 253-293.

GELDART, D. (1973), "Types of gas fluidization", Powder Technology, 7 p. 285-292.

JACOB JÚNIOR, E. A.; MENEGHELLO, G. E.; MELO, P. T. B. S.; MAIA, M. S. (2004, "Tratamentos para superação de dormência em sementes de cornichão anual", Revista Brasileira de Sementes, vol. 26, nº 2, p.15-19.

OLIVEIRA, J. C. P.; KÖPP, M. M.; BARRES, A. F. (2015), "Produção de Sementes de Cornichão", Documentos. Embrapa Pecuária Sul, Bagé.

PORTO, R. G. (2008), Caracterização da Pecuária Familiar na Região da Campanha Meridional: Estudo de Caso no Município de Bagé-RS. UFPel. (dissertação de mestrado)

SOARES, J. C. R. (2012), Avaliação Econômica da Terminação de Bovinos em Pastagem Irrigada. UFRGS. (dissertação de mestrado)

SOSTER, M. T. B.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; DALL'AGNOL, M.; BRUSTOLIN, R.; FONTANELI, R. S. (2004), "Caracterização agronômica de genótipos de cornichão (*Lotus corniculatus* L.)", Revista Brasileira de Zootecnia, vol.33, n.6, p.1662-1671.

TAYLOR, A. G.; ALLEN, P. S.; BENNET, M. A.; BRADFORD, K. J.; BURRIS, J. S. e MISRA, M. K. (1998), "Seed enhancements", Seed Science Research v. 8, p. 245-256.

TEUNOU, E.; PONCELET, D. (2002), "Batch and continuous fluid bed coating – review and state of the art", Journal of Food Engineering, v. 53, p. 325-340.

TREVISAN, L. (2012), Bovinocultura de corte a base de pasto e integração lavoura-pecuária na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. UFSC. (trabalho de conclusão de curso)