

## INFLUÊNCIA DO TEOR DE ÁGUA E DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA TAXA RESPIRATÓRIA DO CAFÉ

Bruna Lourenço Nogueira<sup>1</sup>; Paulo César Corrêa<sup>2</sup>; Sílvia de Carvalho Campos<sup>3</sup>; Gabriel Henrique Horta de Oliveira<sup>4</sup>; Fernanda Machado Baptestini<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Professora Adjunta, M.Sc., FAMINAS, Muriaé-MG, brunanogueira@faminas.edu.br

<sup>2</sup>Professor Adjunto, D.Sc., DEA-UFV, Viçosa-MG, copace@ufv.br

<sup>3</sup>Pesquisadora, D.Sc., Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop-MT, silvia.campos@ufv.br

<sup>4</sup>Professor, M.Sc., IFB, Gama-DF, gabriel.oliveira@ufv.br

<sup>5</sup>Mestranda em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, fernanda.baptestini@ufv.br

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do teor de água e do estágio de maturação na taxa respiratória e perda de matéria seca do café (*Coffea arabica* L.). Foram utilizados frutos do cafeeiro, variedade Catuaí Vermelho, colhidos em diferentes estádios de maturação (verde, verdoengo e cereja). Uma parcela dos frutos no estágio cereja foi descascada manualmente. As amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 40 °C até diferentes teores de água. Em seguida, foram pesadas, acondicionadas em frascos de vidro e a taxa respiratória mensurada, por meio da determinação da quantidade de dióxido de carbono produzido por hora, a 25 °C, em respirômetro marca *Sable Systems International*. De posse dos valores de produção de CO<sub>2</sub>, o consumo de matéria seca foi determinado por estequiometria a partir da equação da respiração ( $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2835kJ$ ). A partir dos resultados obtidos, observou-se para todas as amostras um incremento da taxa respiratória e da perda de matéria seca em função do aumento do teor de água do café. Para os teores de água acima de 15 % b.u., este aumento foi ainda mais pronunciado. O café verde apresentou os maiores valores de produção de CO<sub>2</sub>, seguido pelos cafês nos estádios verdoengo e cereja, respectivamente. A partir da técnica de identidade de modelos, concluiu-se não haver diferença entre os modelos utilizados para descrever a evolução da taxa respiratória do café em fruto e em pergaminho, podendo ser utilizada uma única equação para representá-la.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L., matéria-seca, dióxido de carbono.

## INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT AND MATURITY STAGE OVER THE RESPIRATION RATE OF COFFEE

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the influence of moisture content and maturity stage over the respiration rate and dry matter loss of coffee (*Coffea arabica* L.). Coffee fruits were utilized, variety “Catuaí Vermelho”, harvested in different maturity stages (green, “verdoengo” and cherry). A portion of the fruits in the cherry stage were manually dehulled. The samples were dried in a forced air circulation chamber at 40 °C until the desired moisture contents. Then, they were weighed, conditioned in glass jars and the respiration rate was measured, through the determination of the carbon dioxide quantity produced in an hour, at 25 °C, in a respirometer brand *Sable Systems International*. The values of CO<sub>2</sub> production were used to determine the consumption of dry matter through stoichiometry of the respiration equation ( $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2835 kJ$ ). Through the obtained results, all samples had an increment in the respiration rate and dry matter loss in function of the moisture content. To moisture contents above 15 % w.b., this increase was more pronounced. The green coffee presented the highest values of CO<sub>2</sub> production, followed by “verdoengo” and cherry coffee, respectively. By means of the model identity technique, it was concluded that the models to describe the respiration rate evolution of coffee fruit and parchment did not differ among each other, being able to use a single equation to represent this trend.

**Keywords:** *Coffea arabica* L., dry matter, carbon dioxide.

## INTRODUÇÃO

Após a colheita, para que se mantenham vivos, os frutos continuam a respirar, ficando sujeitos a contínuas transformações. Entre as alterações que se observam nos grãos armazenados, as mais importantes são aquelas que envolvem a respiração dos grãos úmidos.

A respiração celular é um fenômeno que consiste basicamente na liberação de energia química acumulada nas moléculas de diversas substâncias orgânicas como carboidratos e lipídeos. Nesse processo, verifica-se a oxidação (aeróbica ou anaeróbica) de compostos orgânicos de alto teor energético e a consequente formação de substâncias de menor conteúdo energético como gás carbônico e água (Marcos Filho, 2005).

A produção de dióxido de carbono pode ser convertida em perda de matéria seca dos grãos e, neste propósito, a respiração é considerada aeróbia, com a completa oxidação dos carboidratos em dióxido de carbono e água. Stiles &

Leach, citados por Sorour & Uchino (2004), verificaram que, em condições aeróbicas, os carboidratos foram o principal grupo de compostos utilizados na respiração. De acordo com a equação de combustão da glicose, um típico carboidrato, a produção de 14,7 g de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> matéria seca dos grãos é equivalente a 1 % da perda de matéria seca nos grãos.

Diversos fatores podem influenciar a taxa respiratória dos grãos durante o armazenamento, como o teor de água durante a colheita, a danificação mecânica, o teor inicial de água para o armazenamento, a temperatura dos grãos e as condições climáticas (Thompson, 1972). No entanto, segundo Fleurat-Lessard (2002), a atividade de água do grão e, ou semente, juntamente com a temperatura, são os dois principais fatores que afetam a taxa de produção de CO<sub>2</sub>.

Com alto teor de água, a respiração é aumentada rapidamente e, em consequência, ocorre a deterioração e maior perda de matéria seca do produto. Em grãos armazenados, o processo respiratório deve ser mantido em nível tão baixo quanto possível para que haja melhor conservação quantitativa e qualitativa.

A principal função da secagem é reduzir grande parte da água contida nos frutos, garantindo condições seguras de armazenamento por longos períodos. Durante a secagem do café, os teores de água são reduzidos de 60 % (b.u.) para valores próximos de 11 % (b.u.), minimizando-se, assim, a taxa respiratória e os riscos de oxidação, fermentações e desenvolvimento de fungos e bactérias.

Considerando a importância do café para a economia nacional e a inexistência de registros na literatura que mensurem sua atividade respiratória, e consequente perda de matéria seca, objetivou-se com este trabalho verificar a influência do teor de água e do estágio de maturação dos frutos do cafeeiro na produção de CO<sub>2</sub>, comparar a atividade respiratória do café, no estágio cereja, natural e descascado, e quantificar a perda de matéria seca do café, ao longo do tempo, por meio da equação de respiração.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas do Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), Viçosa (MG). Foram utilizados frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí Vermelho, colhidos manualmente, nos estádios de maturação verde, verdoengo e cereja, provenientes de uma fazenda localizada no município de Viçosa – MG.

Depois da colheita, as amostras foram conduzidas ao laboratório, onde foram eliminados os frutos deteriorados ou danificados, com o intuito de se obter um material homogêneo e de melhor qualidade. Uma parte dos frutos, no estágio cereja, foi descascada manualmente.

O teor inicial de água do café foi determinado pelo método da estufa, a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, conforme as orientações contidas em Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Os cafês, natural e descascado, foram colocados em bandejas de alumínio com fundo perfurado e levadas à estufa com circulação forçada de ar, regulada a 40 °C, para a secagem até os teores de água desejados, que variaram entre 60 e 11 % (b.u.) para o café natural e 30 e 11 % (b.u.) para o café descascado. O monitoramento do teor de água durante a secagem foi realizado pelo método gravimétrico, utilizando uma balança analítica com resolução de 0,001 g.

A taxa respiratória foi mensurada, por meio da determinação da quantidade de dióxido de carbono produzido por hora, a 25 °C, em respirômetro do tipo TR3C equipado com um analisador de CO<sub>2</sub> (*Sable Systems International*, Las Vegas, EUA).

Os cafês foram pesados e devidamente acondicionados em frascos de vidro, conectados a um sistema completamente fechado, onde o CO<sub>2</sub> produzido pelas amostras (µmL CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) é varrido por um fluxo de ar isento de CO<sub>2</sub> e mensurado por um leitor infravermelho conectado ao sistema. Os testes foram realizados com quatro repetições de aproximadamente 25 g de produto por amostra. Os resultados obtidos foram convertidos para mg<sub>CO<sub>2</sub></sub> kg<sub>ms</sub><sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

Com os resultados da produção de CO<sub>2</sub>, o consumo de matéria seca dos grãos devido à respiração foi determinado por estequiometria a partir da equação: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 6O<sub>2</sub> → 6CO<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O + 2835kJ, que apresenta a combustão completa de um típico carboidrato, a glicose. Segundo Steele et al. (1969) esta é uma simplificação do processo de respiração total, mas permite computar a perda de matéria seca aproximada com razoável segurança.

De acordo com esta equação, para cada 180 g de matéria seca (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) consumida há produção de 264 g de CO<sub>2</sub>, 108 g de H<sub>2</sub>O e 2835 kJ de calor, considerando a completa oxidação dos carboidratos durante a respiração aeróbica. Assim, o consumo de matéria seca (G) foi calculado de acordo com a equação: G = 0,0164 × TR ; em que: G= consumo de matéria seca, g<sub>ms</sub> kg<sub>ms</sub><sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; TR= produção de CO<sub>2</sub>, mg<sub>CO<sub>2</sub></sub> kg<sub>ms</sub><sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

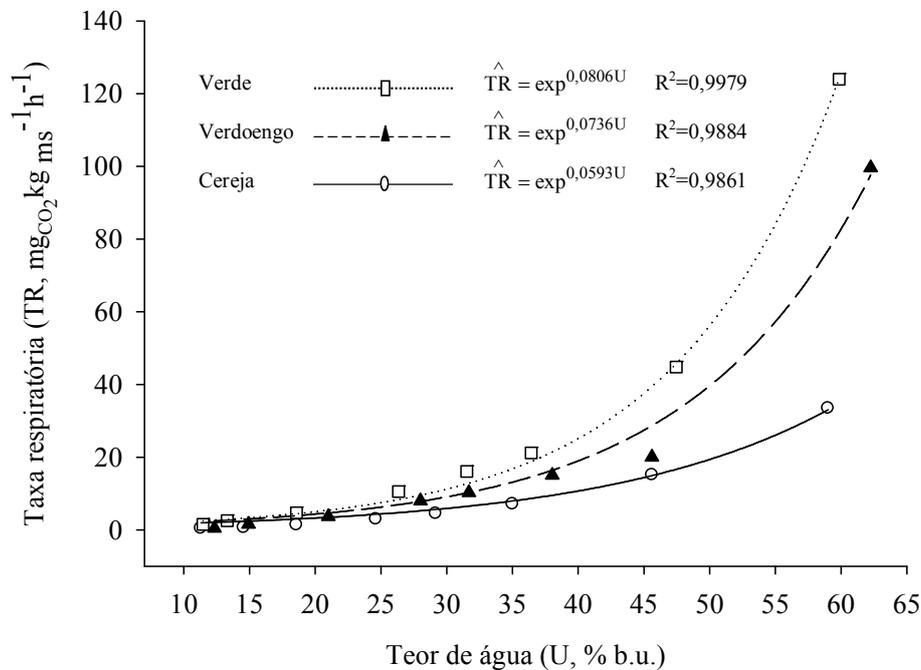
O experimento foi realizado em um esquema fatorial 3x8 (três estádios de maturação e oito teores de água), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de regressão e os modelos escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão pelo teste t, adotando um nível de 5 % de probabilidade, no coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e nos fenômenos em estudo.

Depois da seleção do modelo para a representação da taxa respiratória do café em função do teor de água, promoveu-se o teste da hipótese de igualdade dos modelos utilizando a técnica de identidade de modelos descrita por Regazzi (2003), que permite analisar a equivalência entre os modelos utilizados, objetivando o ajuste de apenas uma equação para a descrição do fenômeno.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Taxa respiratória e perda de matéria seca do café em diferentes estádios de maturação

Na Figura 1 apresenta-se a evolução da produção de CO<sub>2</sub> dos frutos do cafeeiro nos estádios de maturação verde, verdoengo e cereja, em função do teor de água.



**Figura 1** - Taxa respiratória dos frutos de café em diferentes estádios de maturação em função do teor de água.

Em todas as amostras observou-se incremento na taxa respiratória em função do aumento do teor de água do café. Segundo diversos autores (Amorim & Teixeira, 1975; Lacerda Filho, 1986; Silva et al., 1998), o processo de secagem do café reduz a taxa respiratória do produto. A desidratação promove a inativação de macromoléculas e organelas, levando as sementes ao estado quiescente, caracterizado por um baixíssimo nível de atividade metabólica (Popinigis, 1985).

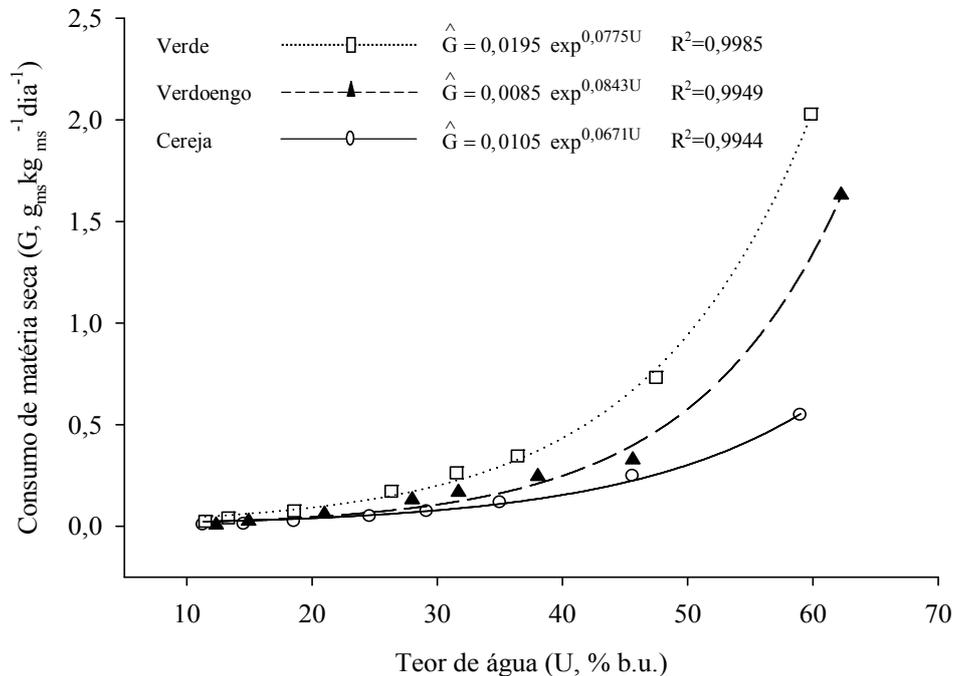
Comportamento semelhante foi obtido em diversos trabalhos. Karunakaran et al. (2001) verificaram que o aumento no teor de água de 12,7 para 19,0 % (b.u.), em trigo, provocou um incremento na taxa de produção de CO<sub>2</sub> de 0,96 para 19,29 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> matéria seca h<sup>-1</sup>. Em estudos realizados com sementes de canola, White et al. (1982) encontraram valores da taxa respiratória, após sete dias de armazenamento a 20 °C, de 110, 205, 312, 435 e 574 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> semente, para os teores de água de 10, 12, 14, 16 e 18 % (b.u.), respectivamente.

Outra explicação para as maiores taxas de produção de CO<sub>2</sub> observadas neste trabalho seria o maior desenvolvimento de microrganismos, uma vez que elevados teores de água favorecem a taxa metabólica dos fungos presentes na superfície e no interior dos grãos. Segundo Milner et al., Hummel et al., Fernandez et al. e Muir et al., citados por Fleurat-Lessard (2002), os microrganismos são a maior causa de produção de CO<sub>2</sub> e perda de matéria seca em cereais armazenados.

Com base nos resultados obtidos, e considerando as condições em que o experimento foi desenvolvido, concluiu-se que, a partir da técnica de identidade de modelos, não é possível a utilização de modelo único para representar a evolução da taxa respiratória dos frutos de café nos diferentes estádios de maturação. Desta forma, verifica-se que o café verde produziu mais CO<sub>2</sub>, seguido pelos cafés nos estádios verdoengo e cereja, respectivamente. Estas diferenças tornam-se mais evidentes para maiores teores de água.

Os resultados obtidos no presente trabalho não permitem concluir a respeito da respiração climatérica dos frutos do cafeeiro, uma vez que não foi avaliado o processo de amadurecimento dos frutos, mas também não descartam essa possibilidade. A maior taxa respiratória observada nos frutos verdes, possivelmente, deve-se ao fato destes não terem atingido a maturidade fisiológica e estarem em fase de crescimento, caracterizada por intensa divisão celular e atividade respiratória. A maior taxa do fruto verdoengo, em relação ao cereja, pode ser uma característica da ascensão climatérica, uma vez que o fruto durante a maturação aumenta a taxa respiratória, culminando com a sua diminuição no fruto já maduro.

Na Figura 2 apresentam-se os valores referentes ao consumo de matéria seca, calculados a partir da taxa respiratória do café, em função do teor de água. Verifica-se que as perdas de matéria seca foram maiores nos frutos com maior teor de água.



**Figura 2** - Consumo de matéria seca dos frutos de café em diferentes estádios de maturação, calculado a partir da taxa respiratória, em função do teor de água.

Thompson (1972), trabalhando com grãos de milho em diferentes teores de água, observou que o aumento no teor de água implicava em incremento na perda da matéria seca e Wilcke et al. (1998) também verificaram aumento na perda de matéria seca com a elevação do teor inicial de água dos grãos.

Além do consumo de matéria seca devido à respiração dos grãos, há a degradação causada por fungos, principalmente para maiores teores de água, cujo amplo potencial enzimático favorece a transformação, em nutrientes, da matéria orgânica do substrato e alterando a qualidade do produto (Batista et al., 2001; Pimenta & Vilella, 2001).

O menor rendimento final dos grãos de café verde observado por Pimenta et al. (2000), associado às maiores perdas de matéria seca neste estágio de maturação observadas neste trabalho, tornam a utilização do estágio cereja um fator decisivo para se obter maior rendimento de produção, além de influenciar positivamente a qualidade do produto.

### Taxa respiratória e perda de matéria seca do café cereja natural e descascado

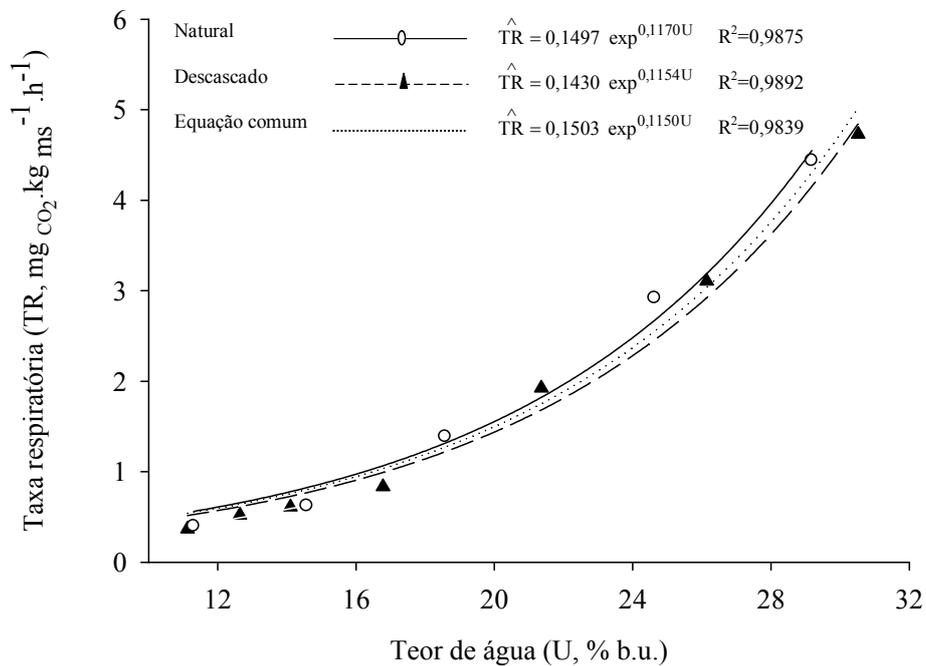
Na Figura 3 estão apresentados os valores de produção de CO<sub>2</sub> observados para o café no estágio de maturação cereja, natural e descascado, em função do teor de água.

Como verificado anteriormente para os diferentes estádios de maturação do café, observam-se incrementos na taxa respiratória com o aumento do teor de água. Para os teores de água de até 15 % (b.u.), aproximadamente, este aumento ocorreu em menor taxa, ao contrário do que se observou nas amostras mais úmidas. Este fato deve-se à fase de grande atividade respiratória que é influenciada pelo teor de água dos grãos, como afirmou Popinigis (1985), e está de acordo com os estudos realizados por Bailey (1940) para grãos de trigo, milho, arroz, cevada, centeio, sorgo, aveia, o qual verificou que para o teor de água de, aproximadamente, 15 % (b.u.), os grãos passaram para uma fase de grande atividade respiratória.

Alves et al. (2003), trabalhando com café beneficiado, obtiveram valores médios de produção de CO<sub>2</sub> de, aproximadamente, 1,5 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> matéria seca dia<sup>-1</sup> (0,06 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> matéria seca h<sup>-1</sup>) durante 90 dias de armazenamento, com os teores de água do café variando de 10,8 a 12,1 % (b.u.). Observa-se, no presente trabalho, valores superiores a este para a mesma faixa de teor de água, possivelmente, devido à presença de microrganismos que estariam se desenvolvendo na casca e na polpa do café, e assim, contribuindo para as maiores taxas apresentadas.

Observando-se a Figura 3 e considerando as condições em que o experimento foi desenvolvido, concluiu-se, por meio da técnica de identidade de modelos, que não houve diferença entre os modelos utilizados para descrever o comportamento da taxa respiratória do café natural e descascado, podendo ser utilizada apenas uma equação para representar esta evolução na faixa de teor de água estudada. Estes resultados sugerem não haver diferença nas perdas de

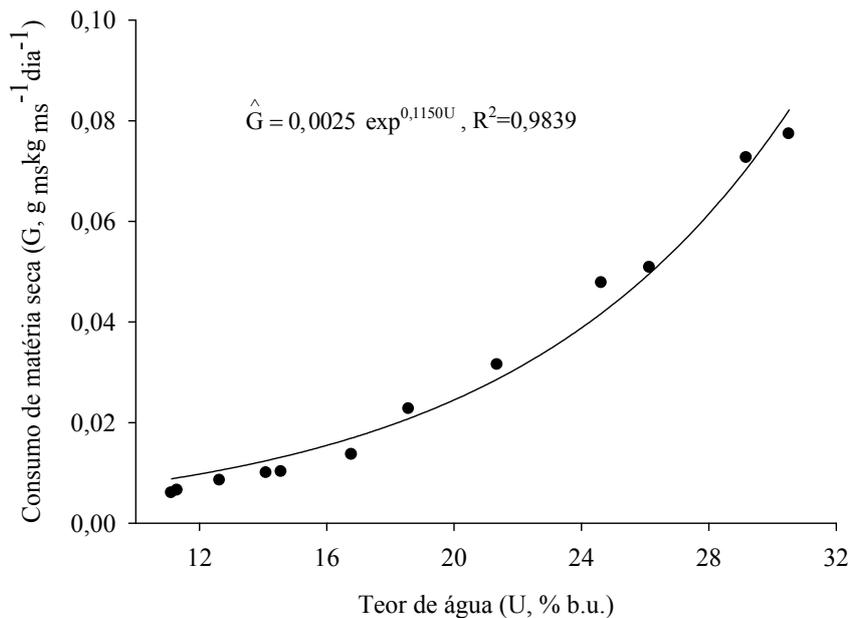
matéria seca por respiração durante o armazenamento do café na sua forma natural ou descascado, devido à similaridade de suas taxas respiratórias.



**Figura 3** - Taxa respiratória do café cereja natural e descascado em função do teor de água.

Na Figura 4 estão apresentados os valores do consumo de matéria seca, calculados a partir da taxa respiratória, em função do teor de água. Como não houve diferença na taxa respiratória do café natural e descascado, foi ajustado apenas um modelo para representar esta evolução.

Com estes resultados confirma-se a importância da utilização de baixos teores de água do café para que se tenha o armazenamento seguro, que, além de minimizar as perdas de matéria seca por respiração, atuarão no controle do desenvolvimento de microrganismos, prejudiciais à qualidade do produto.



**Figura 4** - Consumo de matéria seca do café cereja, natural e descascado, calculado a partir da taxa respiratória, em função do teor de água.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que houve incremento da taxa respiratória e da perda de matéria seca do café em função do aumento do teor de água.

Observaram-se maiores taxas respiratórias no café verde, seguido dos cafês nos estádios verdoengo e cereja, respectivamente.

Com o recurso da técnica de identidade de modelos, não observou-se diferença entre os modelos utilizados para descrever a evolução da taxa respiratória do café natural e descascado, podendo ser utilizada apenas uma equação para representá-la.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, W.M.; FARONI, L.R.D.; CORRÊA, P.C.; PARIZZI, F.C.; PIMENTEL, M.A.G. Influência do Pré-Processamento e do Período de Armazenamento na Perda de Matéria Seca em Café Beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café, n. 7, p. 122-127, 2003.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e a qualidade da bebida. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 3, 1975, Curitiba. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1975. p. 21.
- BAILEY, C.H. Respiration of cereal grains and flaxseed. **Plant Physiology**, v. 15, p. 257-274, 1940.
- BATISTA, L.R.; CHALFOUN, S.M.; PRADO, G. Identificação de espécies toxigênicas de *Aspergillus* associadas aos grãos de café armazenados. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café, n. 3, p. 11-16, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.
- FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v. 38, p. 191-218, 2002.
- KARUNAKARAN, C.; MUIR, W.E.; JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G.; ABRAMSON, D. Safe storage of high moisture wheat. **Journal of Stored Products Research**, v. 37, p. 303-312, 2001.
- LACERDA FILHO, A.F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 1986. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. FEALQ, Piracicaba, 2005. 495 p.
- PIMENTA, C.J.; COSTA, L.; CHAGAS, S.J. de R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café, n. 1, p. 23-30, 2000.
- PIMENTA, C.J.; VILELLA, E.R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.), lavado e submetido a diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café n. 2, p. 3-10, 2001.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da Semente**. Segunda Edição, Brasília, DF, 1985. 290 p.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.
- SILVA, C.G.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H. Qualidade da bebida do café (*Coffea arabica* L.) em função da proporção de frutos verdes e da temperatura do ar de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 23, n. 1, p. 45-48, 1998.
- SOROUR, H.; UCHINO, T. Effect of changing temperature on the deterioration of soya beans. **Biosystems Engineering**, v. 87, n. 4, p. 453-462, 2004.
- STEELE, J.L.; SAUL, R.A.; HUKILL, W.V. Deterioration of shelled corn as measured by carbon dioxide production. **Transactions of the ASAE**, v. 12, n. 5, p. 685-689, 1969.
- THOMPSON, T.L. Temporary storage of high-moisture shelled corn using continuous aeration. **Transactions of the ASAE**, v. 15, n. 2, p. 333-337, 1972.
- TRIPPLES, K.H. Quality and nutritional changes in stored grain. In: JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G.; MUIR, W.E. (Ed.) **Storage-grain ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 325-351.
- WHITE, N.D.G.; SINHA, R.N.; MUIR, W.E. Intergranular carbon dioxide as an indicator of deterioration in stored rapeseed. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 24, n. 1, p. 43-49, 1982.
- WILCKE, W.F.; GUPTA, P.; MOREY, R.V.; MERONUCK, R.A. Effect of changing temperature on deterioration of shelled corn. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 5, p. 1195-1201, 1998.