

# TIPOS DE COLHEITA E A QUALIDADE DA CANA PARA A INDÚSTRIA

## *HARVEST TYPES AND CANE QUALITY FOR SUGAR MILLS*

Afonso Pereira Ruivo<sup>(1)</sup>  
Gisele Cristina Ravanelli<sup>(2)</sup>  
Leonardo Lucas Madaleno<sup>(3)</sup>

### **Resumo**

O tipo de corte realizado na colheita pode afetar a qualidade da cana entregue à usina. O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de diferentes tipos de cortes na qualidade da matéria-prima, no período de junho a agosto na safra 2010/2011. Os tratamentos estudados foram os tipos de corte: cana queimada e manual; crua e manual; queimada e mecanizada e, crua e mecanizada. O caldo e a cana foram submetidos a análises tecnológicas e foi empregado método estatístico de análise multivariada em componentes principais para avaliação dos tratamentos. Os resultados indicaram que houve amostras colhidas da mesma forma que apresentaram as melhores e piores características tecnológicas simultaneamente. Portanto, concluíram-se que há outros fatores envolvidos como o planejamento, fatores climáticos e de operação da colheita, acima do método escolhido, que podem aumentar ou diminuir a qualidade da matéria-prima ofertada à indústria.

**Palavras-chave:** Análises tecnológicas. Matéria-prima. Operação de colheita. *Saccharum* spp.

### **Abstract**

*The type of cut on harvest could affect the technological cane quality. The aim of this research was to evaluate the effects of harvests kind on the raw material quality, from June to August on 2010/2011 season. The treatments were the kinds of harvest: burning cane and manual harvest; green and manual; burned and mechanized and, green and mechanized. The cane and juice were submitted to technological analysis and was used principal components multivariate analysis to treatment evaluation. The results indicated that there were samples taken in the same way, which showed the best and worst technological characteristics simultaneously. Therefore, we conclude that there are other factors as planning, climatic factors and harvesting operation involved, above method chosen, which may increase or decrease the quality of cane supplied to industry.*

**Keywords:** *Technological analysis. Raw material. Harvesting operation. Saccharum spp.*

---

<sup>1</sup> Graduado em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec Jaboticabal. Endereço eletrônico: afonso\_ruivo@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutora em Microbiologia Agropecuária pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –Unesp/Jaboticabal. Docente da Fatec de Jaboticabal. Eng. agrônoma. Endereço eletrônico: giravaneli@gmail.com

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –Unesp/Jaboticabal. Docente da Fatec de Jaboticabal. Eng. agrônomo. Endereço eletrônico: leonardo.madaleno@fatec.sp.gov.br

## 1 Introdução

Vários fatores afetam a qualidade da matéria-prima entregue à usina como o tipo de solo de plantio da cana-de-açúcar, variedade, modo de colheita e fatores abióticos (chuva, vento e outros) e bióticos (insetos, doenças e outros) que incidem sobre a planta (RIPOLI e RIPOLI, 2004). Dentre esses, destacam-se os tipos de colheita como o corte manual, que pode ser antecedido por queima, pois o fogo é utilizado para eliminar a palha (SOUZA et al., 2005). Outro método utilizado é o corte mecanizado sem queima, denominado de cana crua, que é amplamente utilizado no Centro-Sul brasileiro e outros países como Austrália, EUA, Costa Rica e outros (CANASAT, 2015; THAI et al., 2012; SANDHU, et al., 2013).

Outros fatores ainda influenciam na atividade de colheita, independentes do modo escolhido para ser efetuado: a idade do canavial, o índice de maturação da cana no período, o preparo do operador da colhedora, o cuidado na realização do corte manual, a quantidade de chuva no período (antes ou durante a colheita), o carregamento da cana (o que pode adicionar muitas impurezas), o tempo de transporte da matéria-prima até a usina e outros (RIPOLI e RIPOLI, 2004).

Desse modo, analisar a influência que a colheita exerce na qualidade da cana entregue é importante para as usinas, pois permite avaliar o desempenho do processo operacional, além de auxiliar na tomada de decisão pelo tipo de colheita a ser adotado. No estado de São Paulo, a lei estadual nº 11.241, de 19 de setembro de 2002 estabeleceu o fim da colheita com uso de fogo para 2021. No entanto, apesar desta lei, observa-se neste estado que houve redução da quantidade de cana queimada, substituída pela cana crua para atender protocolo ambiental que adiantou o final da colheita queimada para o ano de 2014 (UNICA, 2015). Na região de Ribeirão Preto-SP, atualmente, predomina a cana crua colhida por máquinas, representando 81,3% do modo utilizado (IEA, 2015).

De fato, trabalhos que relatam as vantagens e desvantagens do tipo de colheita adotada e o modo de operação com a colhedora, têm sido demonstrados com frequência, sendo escassos aqueles que comparam os diferentes modos de colheita e a influência na qualidade da matéria-prima que chega à indústria (SOUZA et al. 2005). Contudo, para essa avaliação existe a dificuldade de se realizar experimento com delineamentos tradicionais como a análise fatorial ou subdividida, com número de repetições semelhantes. Os fatores que envolvem a colheita são inúmeros como os citados anteriormente. Geralmente, não se consegue determinar o mesmo número de repetições para todos os tratamentos, pois algumas atividades

de colheita quase não são praticadas atualmente no Estado de São Paulo, como o corte mecanizado em área de cana queimada.

Com a aplicação da análise multivariada, que é método inicial exploratório de dados, é possível organizar os dados e extrair informações preliminares (MOITA e MOITA, 1998) sobre o desempenho do tipo de corte e comparar os resultados com o que se tem de conhecimento sobre a qualidade da cana que chega à usina. É como se fosse realizado um retrato do período de colheita de matéria-prima, no qual aparecem os erros e os acertos realizados. Por meio da análise preliminar é possível observar se alguns equívocos ocorrem de forma independente à aplicação do corte da cana. Dentro desse contexto, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de diferentes tipos de cortes na qualidade da matéria-prima por meio da análise multivariada em componentes principais e comparar com os resultados aceitos como padrão na literatura pertinente.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Usina Nardini Agroindustrial Ltda, localizada em Vista Alegre do Alto - SP e conduzido na estação de inverno nos meses de junho, julho e agosto na safra 2010/2011.

De 01 de junho a 31 de julho foram amostradas as cargas dos caminhões, de forma aleatória à medida que chegavam à usina. Em cada amostragem foi identificado o tipo de colheita empregado e utilizada uma letra para representá-lo, as quais foram: Corte A – Queimada e manual (533 amostras) – 59,49% do total de amostras; Corte B – Crua e manual (92 registros) – 10,27%; Corte C – Queimada e mecanizada (26 amostras) – 2,9%; Corte D – Crua e mecanizada (245 registros) – 27,34%.

As cargas foram amostradas (10Kg da matéria-prima) de acordo com Consecana (2006) a partir de caminhões sorteados para análise de impureza mineral, sendo determinada as análises tecnológicas: Sólidos solúveis (<sup>o</sup>Brix); Pol do caldo; Pol da cana; Pureza aparente do caldo; Fibra da cana-de-açúcar (%); AR do caldo; AR cana; ATR Impureza minerais (%). Não foi possível determinar o tipo de solo, variedade, o ano de corte e o tipo de colhedora utilizada, pois o objetivo foi agrupar as amostras obtidas em cada tipo de colheita: A, B, C ou D.

Em cada dia de colheita analisado havia mais de uma amostra, portanto, foram utilizadas numerações para identificar o dia da coleta dos dados, sendo o primeiro número

referente ao dia e o outro número referente à amostra. Até o 9º dia não houve separação com vírgulas entre dias e amostras. A partir do 10º dia, os dias foram separados por vírgulas dos números das amostras para não haver mistura dos registros. Um exemplo seria a amostra A25 que corresponde ao 5º registro no 2º dia, enquanto a amostra A17,14 foi a 14ª amostra realizada no 17º dia de avaliação. Ambas as amostras eram de cana queimada e manual, representadas pela letra A. Ressalta-se que foram utilizados os dias 29, 30 e 31 do mês de agosto para aumentar a quantidade de amostras de cana crua colhida manualmente, pois esses foram dias de proibição de colheita de cana queimada, por causa da baixa umidade e lei que proíbe queimadas (UDOP, 2015).

Os dados obtidos referentes aos tratamentos testados foram submetidos à análise exploratória de dados, utilizando-se da análise multivariada de componentes principais com o uso do software Statistica (Statistica, 2004).

### **3 Resultados e Discussão**

Na análise dos componentes principais foi verificado que a maioria das amostras possuía o mesmo padrão de qualidade, pelo elevado volume de dados no centro do gráfico (Figura 1). Isso ocorreu pelo fato da cana ser colhida durante o meio da safra, época que as condições ambientais favorecem o processo de maturação da cana-de-açúcar. A soma do eixo do componente principal 1 com o 2 representou 76,50% das informações contidas nos dados amostrados no período, o que é elevado comparado a artigos publicados na área agrícola e de biocombustíveis (MOREIRA ROVEDDER et al., 2014; RUCHEL et al. 2014; COSCIONE et al., 2014).

Na explicação do gráfico, as amostras que se encontram na periferia (Figura 1) como, por exemplo, A27 e A15,14, possuem características diferentes daquelas que estão próximas ao centro. As amostras que se encontram ao lado direito do gráfico apresentam maior quantidade de impurezas minerais, AR caldo e cana e, por isso, podem ser classificadas como de qualidade inferior. Todos esses atributos são conhecidos como prejudiciais à qualidade do caldo (RIPOLI e RIPOLI, 2004). As amostras distribuídas no lado esquerdo apresentam maiores quantidades de Brix, Pol, Pol Cana e Pureza em relação à do lado direito. Esses atributos conferem qualidade ao caldo (FERNANDES, 2011). As amostras centrais se apresentam com características muito próximas de qualidade, e são classificadas como intermediárias.

Por ser gráfico de análise de multivariada (Figura 1), que aproxima as amostras que tem características parecidas, verificou-se que não houve diferença quanto ao tipo de colheita aplicado pela usina, pois amostras do tipo A, B, C e D se encontraram no centro do gráfico. No entanto, a maioria dos trabalhos na literatura pertinente aponta para a diferença entre os tipos, porém, se concentram em apontar os defeitos do modo de colheita e não a comparação ao longo de um período. No mínimo foram 26 repetições do tratamento com menor aplicação nesta usina: corte mecanizado de área queimada. Outra vantagem, é que não foi avisado à equipe de colheita que o presente estudo estava sendo realizado. Portanto, pela figura 1, pode se concluir que outros fatores podem ser mais importantes no momento da realização da colheita do que o tipo escolhido.

Por apresentar características distintas ao centro do gráfico de multivariada (Figura 1), as amostras da periferia D13; A29; D11,11; A21; A22; A27; C31; D46; A422; A15,14; A18,22; B27,20; B71 e B26,4 foram escolhidas e comparadas na Figura 2 com os valores preconizados por Ripoli & Ripoli (2004) e Marques et al (2001) e na Figura 3 com os valores de Cana Limpa (2006).

Verificou-se que as amostras A21, A22, A27, A29, D46, D11,11, A422 e B71 (A – queimada e manual, B crua e manual e D – crua e mecanizada) possuíam teores de açúcares redutores elevados, maiores do que 0,8% e pureza aparente abaixo de 85% (Fig. 2 e 3). Esses valores são opostos aos valores recomendados por Ripoli e Ripoli (2004) como ideais para colheita, indicando que a matéria-prima foi colhida com a cana ainda em estágio vegetativo, ou seja, fora do período útil de industrialização. Stupiello (1987) afirmou que os açúcares redutores quando em teores elevados, revela o estado pouco adiantado da maturação da cana.

As amostras A15,14 e A18,22 apresentaram pureza elevada (Figura 2) contrastando com as amostras A21, A22 e A27, o mesmo ocorreu com a maioria das amostras do tipo B (Figura 1) que foram diferentes da amostra B71.

As amostras D13 e D11,11 possuíam teores elevados de impurezas minerais (Figura 3). Ambas são de cana crua colhida mecanicamente. O teor elevado desse atributo nas amostras colhidas na primeira semana de junho (D13) pode ser atribuído à chuva que ocorreu no período, com total de 9 mm entre os dias 31/05/2010 e 06/06/2010 na região de Vista Alegre do Alto (CIIAGRO, 2010), que prejudicou a colheita. Por outro lado, o teor elevado de impurezas minerais da amostra D11,11 colhida no dia 14/7/2010, sem chuva, pode ser atribuído a outros fatores, como por exemplo, o tipo de solo agregado à matéria-prima, manejo da colhedora pelo operador, altura do corte da base e condições operacionais da colhedora.

As amostras colhidas de forma queimada e mecanizada (C), dentre estas a C31, permaneceram no meio da “nuvem” de dados da Figura 1 (cor azul), quase não permitindo a visualização dos pontos desse tipo de colheita. Esse fato ocorreu porque as amostras foram processadas no meio da safra, em que as condições reinantes eram favoráveis ao processo de colheita. Stupiello (1999) ressaltou que de julho a setembro, quando a umidade relativa do ar e a temperatura são relativamente baixas há pequena deterioração microbiológica e fisiológica, comparando com as ocorrentes a partir de setembro, quando as temperaturas e a umidade se elevam. Outro fator seria o número baixo encontrado na usina de amostras desse tipo de colheita, por essa forma não ser muito utilizada pelas indústrias sucroenergéticas.

As amostras de cana crua colhidas manualmente nos dias 29, 30 e 31 de agosto de 2010, foram do tipo B (crua e manual), pois o nível de umidade relativa do ar no período estava baixo (menor que 20%) não permitindo a queima da palha antes da colheita, obedecendo a Resolução SMA - 35, de 11-5-2010 da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (UDOP, 2015).

As amostras selecionadas B27,20 e B26,4 possuíam teores elevados de sólidos solúveis (Figura 2) e conseqüentemente teores elevados de sacarose (Figura 2). Entretanto, essa matéria-prima apresentou teor de fibra acima de 13%, valor mais elevado do que o preconizado por Ripoli e Ripoli (2004) como adequado (Figura 3). Em época seca pode ocorrer deterioração fisiológica dos colmos, destacando o estresse hídrico e a transpiração excessiva. Segundo Stupiello (1987), o estresse hídrico ocasiona concentração do caldo, o que muitas vezes é interpretado erroneamente como benéfico. Há o aumento de fibra % cana, que além de dificultar a moagem provoca maior retenção de sacarose no bagaço. Por outro lado, o elevado teor de Fibra também poderia ser atribuído ao carregamento de impurezas vegetais juntamente com a matéria-prima.

Verificou-se que mesmo no meio da safra ocorrem erros de planejamento da colheita (colher fora de época de maturação, erro de operação de colhedoras, altura de desponte e outros) que podem prejudicar a qualidade da matéria-prima independentemente do tipo de colheita utilizado. Alguns problemas não são controlados, como a ausência de precipitações no mês de agosto que proporcionou o aumento de fibra na cana. Outros podem ser planejados como colher a matéria-prima no ápice da qualidade tecnológica, em níveis adequados de maturação. Esses erros observados no meio de safra podem se agravar ainda mais no final da safra por causa do aumento das chuvas, o que acarreta em elevação das impurezas minerais. Portanto, o planejamento do corte da cana deve ser aperfeiçoado, independente do tipo de colheita utilizado.

## 4 Conclusões

O tipo de corte é fator menos influente na qualidade final da matéria-prima entregue à usina. O planejamento de colheita, a ação de fatores ambientais e erros operacionais de colheita são impactantes em qualquer tipo de colheita utilizado.

## 5 Agradecimentos

À Usina Nardini Agroindustrial Ltda pela ajuda na condução do experimento e para os revisores que contribuíram para o aprimoramento do manuscrito.

## 6 Referências

CANA limpa. **Revista Alcoolbras**, São Paulo, n. 99, 2006. Disponível em: <[http://www.editoravalete.com.br/site\\_alcoolbras/edicoes/ed\\_99/ed\\_99.html](http://www.editoravalete.com.br/site_alcoolbras/edicoes/ed_99/ed_99.html)>.

CANASAT. **Sugarcane crop monitoring in Brazil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/en/crop.html>. Acesso em: 06/02/2015.

CIIAGRO online. **Balanco Hídrico**. Disponível em <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>>. Acesso em: 10/11/2010.

CONSECANA - CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. Piracicaba, 2006.

COSCIONE, A. R.; SILVA, L. F. M.; DE MARIA, I. C.; DE ANDRADE, C. A., FERRACINI, V. L. Solução do solo e análise de componentes principais para monitoramento da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1654-1662, 2014.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**, 3ª Edição, Piracicaba: Stab – Sociedade dos Técnicos Açúcareiros Alcooleiros do Brasil, 2011, 416p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Mecanização na colheita de cana-de-açúcar atinge 84,8% na safra agrícola 2013/2014**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13601>>. Acesso em: 17/03/2015.

MARQUES, M. O.; MARQUES, T. A.; TASSO JÚNIOR, L. C. **Tecnologia do açúcar. Produção e industrialização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 2001, p. 45.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 467-469, 1998.

MOREIRA ROVEDDER, A. P.; DE ALMEIDA, C. M.; ARAÚJO, M. M.; TONETTO, T. S.; SCOTTI, M. S. V. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2118-2185, 2014.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba:Barros & Marques, 2004. 302 p.

RUCHEL, C. F. C.; HUANG, C. T.; SAMIOS, D.; FERRÃO, M. F. Análise exploratória aplicada a espectros de reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de fourier (atr-ftir) de blendas de biodiesel/diesel, **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 5, p. 810-815, 2014.

SANDHU, H. S.; GILBERT, R. A.; KINGSTON, G.; SUBIROS, J. F.; MORGAN, K.; RICE, R. W.; BAUCUM, L.; SHINE JR., J. M.; DAVIS, L. Effects of sugarcane harvest method on microclimate in Florida and Costa Rica, **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 177, p. 101-109, 2013.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palha da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

STATISTICA: data analysis software system. Version 7. [S.l.]: STATSOFT, 2004. 1 CD

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar**: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.761-791. v.2.

STUPIELLO, J. P. Horas de queima. Ora!. **STAB**: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 17, n.5, p. 13, 1999.

THAI, C. C. D.; BAKIR, H.; DOHERTY, W. O. S. Insights to the Clarification of Sugar Cane Juice Expressed from Sugar Cane Stalk and Trash. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, V. 60, p. 2916–2923, 2012.

UDOP, 2015  
[http://www.udop.com.br/download/legislacao/meio/queima\\_palha\\_cana\\_acucar/res\\_sma\\_35\\_queima.pdf](http://www.udop.com.br/download/legislacao/meio/queima_palha_cana_acucar/res_sma_35_queima.pdf). Acesso em: 20 jan. 2015.





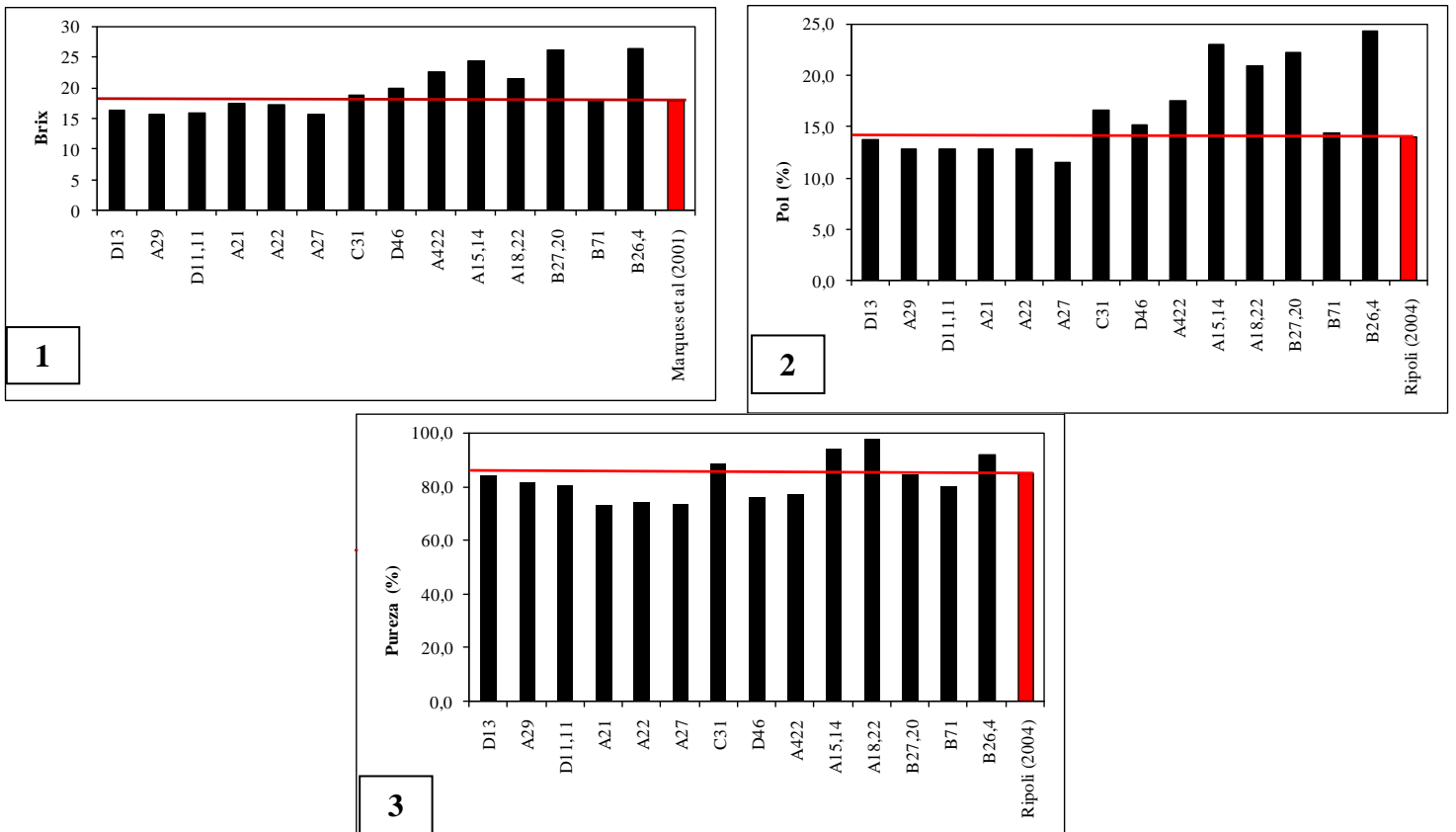


Figura 2. Brix (1), Pol (2) e Pureza do caldo (3) dos carregamentos de cana, selecionadas no gráfico de componentes principais, coletadas na usina em função do tipo de corte: queimada e manual (A), crua e manual (B), queimada e mecanizada (C), crua e mecanizada (D). O valor de Brix das amostras foi comparado com o recomendado como adequado por Marques et al. (2001). Os valores de Pol e Pureza foram comparados com aos preconizados por Ripoli e Ripoli (2004). Os valores abaixo da barra vermelha são considerados abaixo da qualidade para Brix, Pol e Pureza.

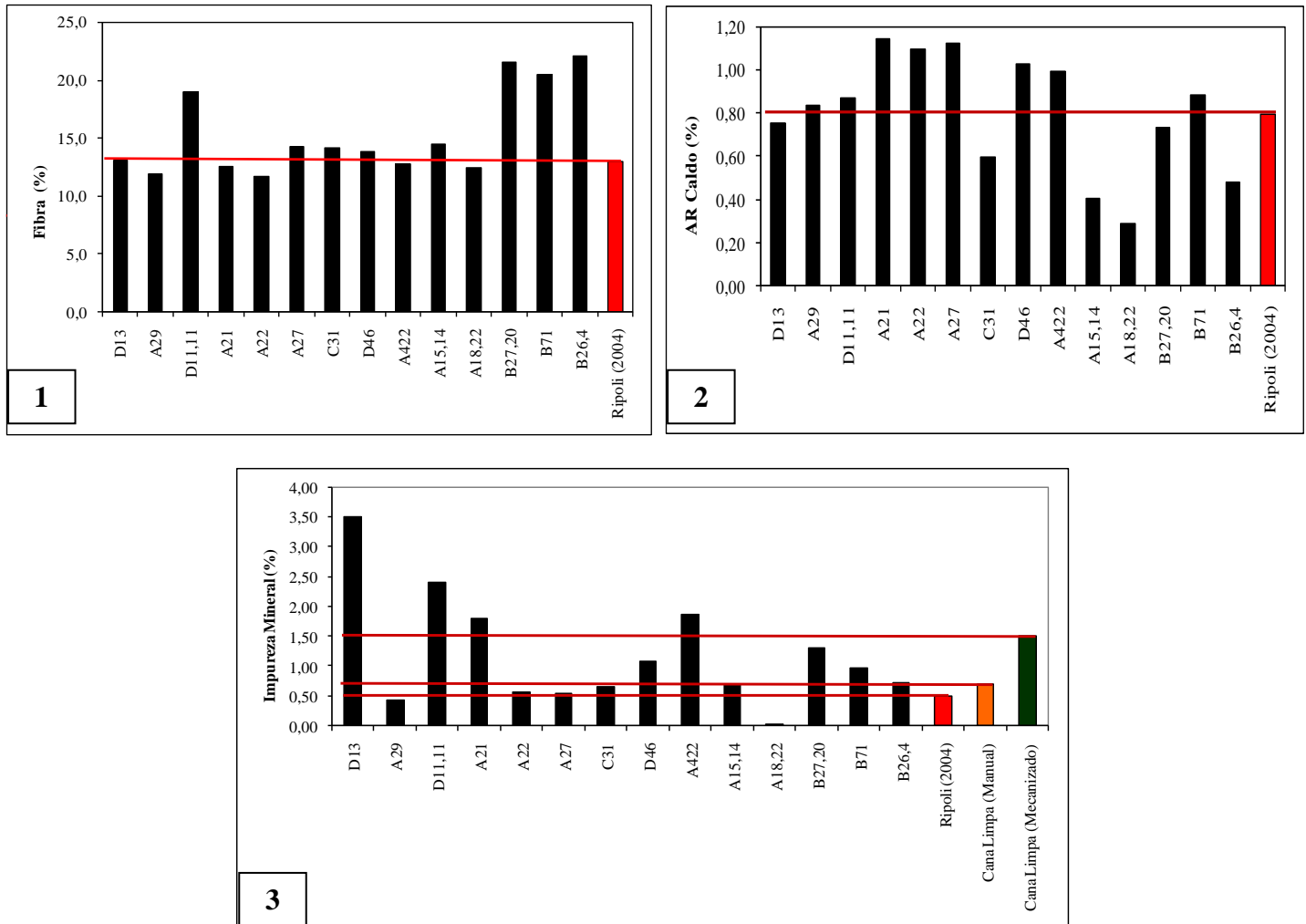


Figura 3. Fibra (1), Açúcares redutores (2) e Impureza mineral (3) dos carregamentos de cana, selecionadas no gráfico de componentes principais, coletadas na usina em função do tipo de corte: queimada e manual (A), crua e manual (B), queimada e mecanizada (C), crua e mecanizada (D). Os valores de Fibra e AR foram comparados com o recomendado como adequado por Ripoli e Ripoli (2004). O teor de impureza mineral (%) foi comparado com Ripoli e Ripoli (2004) e Cana (2006). Os valores acima da barra vermelha são considerados abaixo da qualidade para Fibra e Impurezas minerais e de qualidade adequada para AR.