



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DOS AÇOS SAE 5160, SAE 6150 E AO BORO COMO FERRAMENTAS DE DESGASTE USADAS EM MAQUINAS E IMPLIMENTOS AGRÍCOLAS

Gustavo Henrique Bruno, gustavobrunoguaira@gmail.com¹

Luciano Henrique de Almeida, almeidalh@gmail.com²

Revelino Davanço Dias, r.d.dias@hotmail.com³

¹Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB, Av. Professor Roberto Frade Monte, 389, Barretos – SP, CEP: 14783-226

Resumo: O Brasil é o maior produtor de cana de açúcar do mundo e o estado de São Paulo é onde mais se cultiva a mesma. Anteriormente o corte da cana era feito por trabalhadores braçais e era necessário a queima da cana para facilitar o corte e melhor rendimento da produtividade, com a evolução surgiram as colhedoras de cana, o processo foi otimizado, onde era necessário entre 70 e 100 pessoas, atualmente apenas uma colhedora faz a colheita e além disso faz também os trabalhos de limpeza e corte em gomos. O corte basal é um dos principais componentes da colhedora, e a faca é o primeiro periférico de desgaste a ter o contato com a matéria prima daí se vê a importância do estudo dos materiais a serem aplicados nesses tipos de equipamentos, levando também em consideração os tipos de solos, principal responsável pelo desgaste destes materiais. Através de pesquisas de laboratório e acompanhamento em campo, encontramos o melhor aço a ser aplicado nas facas do corte de base em determinados solos da região de Guaíra – SP.

Palavras-chave: Produção, Durabilidade e Desgaste

1. INTRODUÇÃO

A história do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil confunde-se com a do próprio país, já que seu início em terras brasileiras, remota o início da colonização portuguesa que era voltada para fornecer o comércio internacional de açúcar. Essas plantações espalharam-se por grande parte do território nacional, devido principalmente às características da planta em se adaptar a condições nem sempre ideais, alçando o país ao posto de principal produtor mundial em pouco tempo. Atualmente o setor sucroalcooleiro é de extrema importância para a economia brasileira e um destaque no setor agrícola mundial, como principal produtor de açúcar e álcool (CONAB 2013).

Os equipamentos dedicados à agricultura moderna incluindo tratores, plantadoras, arados e colhedoras em geral são equipamentos sofisticados com sistemas eletrônicos, hidráulicos e mecânicos complexos, demandando constantes investimentos em desenvolvimento. Apesar dos projetos desses equipamentos apresentarem uma nítida preocupação com a durabilidade de suas peças e componentes internos, falta de investimento em sistemas externos como facas pás e outros periféricos, importantes aliados para produção e redução de custos, pode contribuir negativamente com a durabilidade do equipamento e não atender as necessidades dos produtores, prejudicando a eficiência dos sistemas de produção do equipamento.

O solo é um dos principais fatores que interferem no bom funcionamento da produção das máquinas sendo a identificação do nível de desgaste e durabilidade do equipamento. Esta pesquisa buscou o aprofundamento nos conhecimentos sobre os fatores técnicos dos solos envolvidos, assim como a evolução tecnológica dos materiais presentes no atual processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Além de mensurar em campo os principais dados que venham a ser importante. Os dados obtidos em laboratório foram avaliados criticamente, comparando-os com os dados normatizados e/ou recomendados pelos dados obtidos em campo, avaliando o nível de eficiência da produção e durabilidade dos principais materiais de desgaste que são aplicados em colhedoras de cana crua.

2. A PRODUÇÃO CANAVIEIRA NO BRASIL

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar se expande consideravelmente, principalmente em São Paulo, o principal estado produtor.

Tonette *et al.* (2009) concluíram que as pressões ambientais contidas na lei 11.241 e no protocolo agroambiental do estado de São Paulo influenciaram nas mudanças do processo de colheita de cana. Essa lei determina que o fim das queimadas pré-colheitas nas lavouras canavieiras do estado de São Paulo, deverá ocorrer até 2021 nas áreas mecanizáveis e 2031 em áreas não mecanizáveis. A mesma determina como áreas mecanizáveis as plantações em terrenos acima de 150 ha (cento e cinquenta hectares), com declividade igual ou inferior a 12% (doze por cento), em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização para a atividade. Todas as demais são consideradas áreas não mecanizáveis.

Segundo a UNICA (União da Indústria de Cana de Açúcar) em junho de 2007, foi assinado o Protocolo Agroambiental onde o Governo do Estado de São Paulo, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Secretaria de Estado da Agricultura e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo – UNICA – consolidam o desenvolvimento sustentável na cultura canavieira. O protocolo tem como objetivo, promover uma cooperação técnica entre as partes visando uma antecipação da eliminação da queima no Estado de São Paulo.

As usinas e produtores que aderiram ao mesmo deverão antecipar a eliminação da queimada, de 2021 para 2014 em áreas mecanizáveis, adiantando o percentual de cana não queimada, em 2010, de 50% para 70%. Ainda segundo o mesmo protocolo nos terrenos com declividade acima de 12%, o prazo final de extinção da queima será adiantado de 2031 para 2017, adiantando o percentual, em 2010, de 10% para 30%.

Segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), em 2013, a quantidade de cana que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 e estão estimados em 8.799.150 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor com 51,31% (4.515.360 hectares) da área plantada, seguido por Minas Gerais com 8,0% (781.920 hectares), Goiás com 9,3% (818.390 hectares), Paraná com 7,04% (620.330 hectares), Mato Grosso do Sul com 7,09% (624.110 hectares), Alagoas com 5,02% (442.590 hectares) e Pernambuco com 3,25% (286.030 hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3,0%.

A produtividade média da safra 2013/14 está estimada em 74.100 kg/ha, maior que a safra 2012/13, que foi de 69.407 kg/ha, levando em consideração que uma colhedora de cana produz em torno de 600.000 Kg de cana por dia, podemos estimar que fosse necessário termos uma frota de mais de 5.400 máquinas trabalhando noite e dia durante toda a safra.

Pesando entre 15.000 e 20.000 Kg de massa, as colhedoras de cana picada, além de colher, são responsáveis também pelo trabalho de picar, limpar e fazer o carregamento da cana no veículo de transporte (Fig.1).

A máquina, durante o processo de colheita, é posicionada em uma fileira de cana e quando é iniciado o seu deslocamento, os ponteiros são cortados pelo despontador. O sistema de alimentação é constituído pelos divisores de linhas, rolo alimentador e tombador, que direcionam a fileira de cana para o corte.

O corte de base é realizado por dois discos rotativos com lâminas, e o recolhimento e transporte interno das canas inteiras é realizado por rolos alimentadores e transportadores. O corte da cana em toletes (cana cortada em pequenos gomos) é feito pelos picadores e a retirada das impurezas (limpeza) pelo extrator primário. Em seguida, os rebolos são elevados pelo elevador de taliscas e na parte superior, antes do descarregamento, ocorre uma segunda limpeza pelo extrator secundário (NEVES, 2003).

1 – Tambor Despontador: retira as pontas das palhas da cana, 2 – Divisores de linha: divide as linhas a serem colhidas, 3 - Rolo Alimentador: alinha a cana para dentro da boca da colhedora, 4 – Rolo Tombador: direciona a fileira de cana para o corte, 5 - Corte de Base: realiza o corte da cana na base da planta, 6 – Rolos Transportadores: transporte interno das canas inteiras, 7 – Rolos Picadores: corta a cana em pequenos gomos, 8 – Extrator Primário: retira impurezas da cana, 9 – Elevador: possui taliscas que elevam a cana e 10 – Extrator Secundário: faz a limpeza antes do descarregamento.

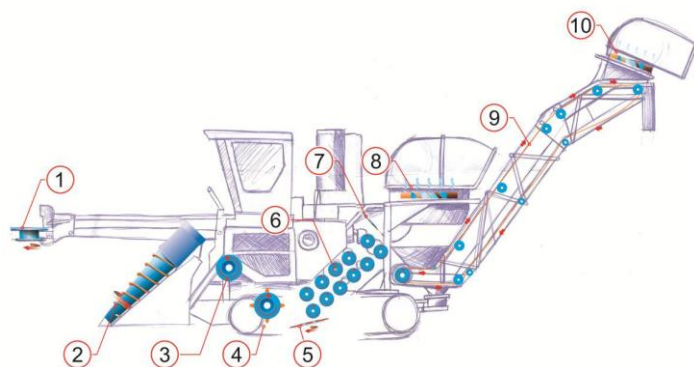


Figura 1 - Colhedora de cana, baseado no esquema proposto por Neves (2003).

2.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE FACA E DO CORTE BASAL

Apresentam a função de cortar a cana o mais rente possível à superfície do solo direcionando o fluxo para os rolos transportadores, evitando o contato destes com o solo. O cortador de base é formado por caixa de redução, engrenagens, dois discos, dois eixos e dez facas (cinco por disco). Acionado por bombas hidráulicas de pistão axial ou engrenagens, o sistema que compõe o cortador de base é composto também por motor hidráulico, válvula de vazão, comando hidráulico e mangueiras (Fig. 2). Recebendo pressão de 413,7 bares e vazão de 82 gpm (galões por minuto) que vem da bomba, o comando que é acionado por solenoides libera a passagem de óleo hidráulico através da válvula de vazão que acionam o motor hidráulico, esse último é responsável pelo giro das engrenagens dentro da caixa de redução que aciona as canelas dos pratos onde são instaladas as facas responsáveis pelo corte da cana.



Figura 2 – Caixa do corte de base montada.

O fato de trabalhar com o cortador de base muito baixo ou próximo ao solo aumenta o índice de impureza mineral (causada pela cana suja e danificada) que pode ocasionar uma redução da vida útil das facas além de aumento no consumo de combustível e danificação nas soqueiras. Já o fato de trabalhar com corte de base muito longe do solo além das perdas de matéria prima de boa qualidade pode ocorrer doenças nas soqueiras. A Figura 3 apresenta uma representação esquemática do posicionamento do sistema de corte.

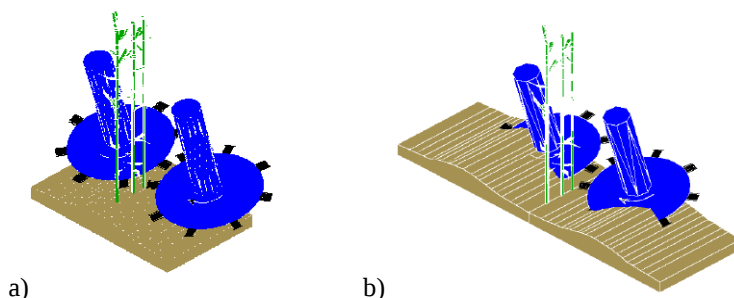


Figura 3 – (a) condição ideal de corte (RIPOLI 1990), (b) condição real de corte utilizada no Brasil.

Segundo Braunbeck e Magalhães (2002), esta questão pode ser melhor ilustrada pelo estudo de Kroes e Harris (1996) que quantificaram a força máxima e a energia necessárias para o corte de um colmo de cana-de-açúcar com baixo teor de fibra, sendo de 420 N e 13 J respectivamente. Esta energia demandaria uma potência de 390 J s^{-1} (0,53 c.v.) para o corte, em condições de colheita de 15 colmos m^{-1} e velocidade de deslocamento da máquina de 2 m s^{-1} . Potências superiores a 75 kW são instaladas nos cortadores de base das colhedoras comerciais através de bombas hidráulicas com vazão de aproximadamente 300 litros por minutos e válvulas de alívio ajustadas em 17 MPa. Embora o circuito hidráulico tenha instaladas outras funções de menor demanda de potência em série com o motor-divisor de fluxo do cortador de base, a configuração do circuito permite estimar que mais de 50% dessa potência instalada destina-se ao corte de base e consequentemente é utilizada para o corte e movimentação do solo.

A proposta de mecanismos alternativos como por exemplo a mudança das especificações técnicas (Tab. 1) somados a processos de simulação parece representar a única solução viável para a quebra do referido impasse tecnológico, que permita atingir novos patamares de custo e qualidade para o açúcar e o álcool.

As facas atingem o solo com velocidade de 20 a 22 m/s por isso rapidamente perdem o corte. O contato das facas com o solo deve ser evitado para conservar um corte eficiente e desta forma reduzir as perdas, o teor de terra da matéria-prima e reduzir os danos às soqueiras visando aumentar sua longevidade.

Tabela 1 – Especificações técnicas disco corte basal.

DISCOS	TROCA RÁPIDA	INCLINADO	NORMAL
Peso	39,15 kg	32,50 kg	32,50 kg
Diâmetro Externo	563 mm	563 mm	563 mm
Espessura	12,7 mm	12,7 mm	12,7 mm
Material	SAE-1020	SAE-1020	SAE-1020
Revestimento	Tungstênio	Tungstênio	Tungstênio
Angulo de corte	4,36°	15°	-

As facas devem ser substituídas de acordo com o desgaste ou mediante a necessidade de troca. Quando as mesmas apresentarem suas extremidades arredondadas e sem corte, elas passam a danificar as soqueiras causando a perda de produtividade ao canavial. Existem diversos tipos de facas com até quatro extremidades de corte. Quando estas facas forem se desgastando faz-se o rodízio das mesmas. A Figura 4 (a) apresenta uma foto real da faca de corte de base e a Fig. 4(b) apresenta uma representação da faca sem desgaste e após desgaste demonstrando necessidade de substituição.

**Figura 4 – (a) Faca Corte de Base, (b) Desgaste faca corte de base.**

Levando em consideração que uma colhedora de cana produz em torno de 600.000 kg de cana por dia, pode-se estimar que seria necessária uma frota de mais de 5.400 máquinas trabalhando noite e dia durante toda a safra. Com durabilidade média de 48 hora/máquinas, as facas de corte de base acabam se tornando um gasto relevante do ponto de vista econômico. Levando em conta que as safras de cana duram em média 200 dias, e que pode ocorrer algo em torno de 100 trocas de facas durante uma safra por colhedora. Considerando um custo médio (cotação de 2015) de R\$ 8,60 por faca e tendo em vista que cada processo de troca usa-se em média 10 facas, podemos concluir um gasto médio de R\$ 8.600,00, por máquina durante os 200 dias de safra, ficando assim um consumo médio de 5, 4 milhões de facas por safra, responsáveis por um gasto de 46,5 milhões de reais.

2.2 AÇOS PARA CONSTRUÇÃO MECÂNICA

Os aços para construção mecânica foram desenvolvidos para as mais diversas aplicações, como na indústria automobilística, moveleira, eletrodomésticos, etc. Dentro destes aços encontram-se os aços carbono e ligados, que continuam evoluindo para atender o mercado que necessita de aços de menor custo e com melhores propriedades mecânicas. A utilização dos diversos aços para construção mecânica está diretamente relacionada aos processos de tratamento térmico (Tab. 2), que por sua vez depende, em parte, da presença de determinados elementos de liga para obtenção das propriedades mecânicas necessárias ao produto final. Desde então os aços tem sido estudados com a finalidade de identificar o mecanismo de aumento de temperabilidade para aumentar a sua dureza e resistência ao desgaste. Dentre estes destacaremos neste trabalho os 3 principais materiais que mais são usados em facas e elementos de corte aplicados a agricultura: Aço SAE 5160, Aço SAE 6150 e Ao Boro.

Tabela 2. Características Mecânicas – Durezas (HB).

ACO	Laminado	Recozido	Esferoidizado
SAE 5160	máx. 380	máx. 240	máx. 200
SAE 6150	máx. 400	máx. 235	máx. 200
AO BORO	máx. 360	máx. 220	máx. 180

AÇO SAE 5160

Suas principais características são: boa temperabilidade, alta resistência a tração e a fadiga e boas propriedades acima de 300 °C. Na condição temperado, sua dureza varia de 58 a 63 HRC (Dureza Rockwell "C") e retém a ainda mais sua dureza após revenido (tabela 5). Dentre suas várias aplicações podemos citar: Molas automotivas, Indústria automobilística e ferramentas. É fornecido em barras laminadas sem acabamento mecânico e barras laminadas

trefiladas. O aço SAE 5160 possui 0,6 % de Carbono e 0,75 % Cromo, e é bastante utilizado em barra estabilizadora de direção de veículos automotivos (Tab. 3).

Tabela 3. Composição química do aço SAE 5160.

Variáveis		Elementos					
Elemento	C	Si	Mn	P	Cr	Al	Fe
Porcentagem	0,63	0,19	0,8	0,021	0,75	0,041	Balanço

AÇO SAE 6150

O aço SAE 6150 possui alta temperabilidade e boa ductilidade, na condição beneficiada apresenta alta resistência mecânica e boa resistência à fadiga. Amplamente utilizado na fabricação de eixos automotivos, pinos, fixadores, molas planas, lâminas de corte. Possui também aplicações para beneficiamento e mudança de características para fabricação de diversos instrumentos de corte além de contar com elementos de liga apropriados para tratamento térmico em processos posteriores (Tab. 5).

Principais aplicações: Molas semi-elípticas e helicoidais, molas para válvulas (para temperaturas máximas de 350°C) e barras de torção. Perfis Especiais: molas parabólicas.

Condições de Fornecimento: Podem ser fornecidos nas seguintes formas: Barras trefiladas, retificadas, polidas ou descascadas, com bitolas entre 1,50 e 75,00 mm, comprimento entre 1,5 e 6,5 m, em perfis redondo, sextavado, quadrado ou especiais conforme a necessidade. Podem ser Arames trefilados, polidos, fosfatizados, cobreados, com bitolas entre 0,80 e 27,00 mm, em perfis redondo, sextavado, quadrado ou especiais.

Tabela 5: Composição química do aço SAE 6150. (Elemento / Percentual).

Variáveis		Elementos / Percentuais				
Elemento	C	Si	Mn	P	Cr	V
Porcentagem	0,53	0,35	0,9	0,33	0,8	0,15

AÇO AO BORO

O boro apresenta excelente capacidade em elevar a temperabilidade dos aços de baixo e médio carbono e está sendo bastante estudado nas últimas décadas. Sua utilização iniciou de forma mais intensa nos Estados Unidos da América durante a segunda guerra mundial, visando à substituição total ou parcial dos elementos de liga utilizados nos aços, tais como cromo, vanádio, níquel, molibdênio e manganês, pelo boro, (Tab. 6) devido à escassez dos mesmos durante a segunda guerra (DIGGES apud BARBOZA et al, 1996). Principais aplicações: Molas helicoidais, arvores de comando de válvulas e barras estabilizadoras e de torção. Perfis Especiais: molas parabólicas.

Podem ser fornecidos nas seguintes formas e medidas: Barras trefiladas, retificadas, polidas ou descascadas, com bitolas entre 1,50 e 75,00 mm, comprimento entre 1,5 e 6,5 m, em perfis redondo, sextavado, quadrado ou especiais conforme a necessidade. Podem ser Arames trefilados, polidos, fosfatizados, cobreados, com bitolas entre 0,80 e 27,00 mm, em perfis redondo, sextavado, quadrado ou especiais.

Tabela 6: Composição química do aço AO BORO. (Elemento / Percentual).

Variáveis		Elementos / Percentuais					
Elemento	C	Si	Mn	S	P	Cr	B
Porcentagem	0,55	0,35	0,85	0,05	0,4	0,75	0,15

2.3 PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DA REGIÃO E SUAS PROPRIEDADES

O município de Guairá (SP) localiza-se na região norte do Estado de São Paulo, distante 130 km da cidade de Ribeirão Preto. O estabelecimento de culturas como a soja, milho, feijão e tomate, o plantio e cana-de-açúcar, além de atividades pastoris, são as principais fontes de renda do município, tornando-o um dos principais produtores de grãos do Estado de São Paulo. Apresenta uma topografia suave, de colinas amplas, a boas condições de fertilidade do solo.

Um dos objetivos deste trabalho foi classificar as terras do município de Guairá e verificar a potencialidade do desgaste que cada tipo de solo e o quanto os mesmos influenciam na vida útil das facas de corte de base. Desta forma, obtém-se o potencial natural de cada solo. O levantamento pedológico (EMBRAPA – 2009) acusou o predomínio de Latossolos Roxos ácidos e distróficos, subordinadamente eutróficos, totalizando 77,08% da área do município, resultado da alteração de derrames basálticos da Formação Serra Geral. Ocorrem ainda o Latossolo Variação Una (10,65%) e Glei Pouco Húmico (7,91%), além de porções menores de Latossolo Vermelho Escuro (2,96%), Planossolo (0,86%), Terra Roxa Estruturada (0,43%) e Petroplintossolo (0,11%).

LATOSSOLO ROXO

Inicialmente reconhecidos como Terra Roxa Legítima (BRASIL, 1960), os atuais Latossolos Roxos referem-se a solos minerais, profundos, bem acentuadamente drenados de coloração vermelho-arroxeadada, com altos teores de Fe_2O_3 , cuja distribuição geográfica encontra-se associada à presença de rochas efusivas básicas, metabasitos e tufitos em expressivas áreas do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Além das características mencionadas acima, os Latossolos Roxos apresentam elevada magnetização, especialmente quando derivados de basalto e tufito. Os Latossolos Roxos são, em sua grande maioria, de textura argilosa ou muito argilosa, condição esta ditada pela própria pobreza em quartzo do material de origem. Quanto à mineralogia, pode-se dizer que na fração grosseira predomina a magnetita, magnetita intercrescida de ilmenita e quartzo; este último em pequenas proporções. Na fração argila constata-se principalmente caulinita, gibbsita e hematita e mesmo maghemita, goethita e vermiculita com hidróxi entrecamadas (Moura Filho, 1970)

LATOSSOLO VARIAÇÃO UMA

De forma resumida, o latossolo variação una compreende solos minerais não hidromórficos, muito profundos, bem acentuadamente drenados, distróficos de textura argilosa e muito argilosa e cores bruno-amarelada, bruno-forte e vermelho-amarelada, com teores médios a altos de Fe_2O_3 decorrentes da influência do material de origem: granulitos básicos e intermediários, biotita-diorito, biotita-gnaiss e diabásio. (Moura Filho, 1970).

É importante destacar que os chamados “Latossolos Variação Una” constituem classe já com critérios de classificação estabelecidos, o que significa dizer que perde o sentido o termo “variação”, mesmo porque o termo como empregado não é correto já que não é variação do conceito de Latossolo e sim de Latossolo Vermelho-Amarelo.

LATOSSOLO VERMEHO ESCURO

Formados a partir de uma grande diversidade de materiais de origem, os Latossolos de coloração avermelhada com teores de ferro obtidos pelo ataque sulfúrico entre 8 e 18% são denominados Vermelho- Escuros. Apesar do limite mínimo de Fe_2O_3 estabelecido, vários são os solos de cor avermelhada reconhecidos, e com teores menores que 8%, indicando a necessidade de reavaliação do limite inferior de Fe_2O_3 para esta classe. (Moura Filho, 1970).

Desenvolvem-se a partir de arenitos, calcários, gnaisses e mesmo de materiais retrabalhados e préintemperizados referentes à cobertura detrito-laterítica, entre outros materiais. Em razão disso, são de fertilidade e textura muito variadas, sendo encontrados solos distróficos, álicos e eutróficos e de textura que vai de franco arenosa a muito argilosa, constituindo-se, pois, em uma classe relativamente heterogênea nestes aspectos. (Moura Filho, 1970).

Encontram-se amplamente distribuídos pelo território nacional com destaque para os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Rio Grande do Sul. (IPT – 1986).

3. MATERIAIS E METODOS

A Distância média das 3 fazendas que continham o solo utilizado nos ensaios foi igual a 20 km e ambas tinham canavial de 2º corte, coordenadas geográficas: latitude 21°18'S e longitude 48°11'W com altitude entre 530 e 680 m e entre 6% e 8% de declividade média do solo, a variedade de cana plantada em todas fazendas foi a Variedade da Coopersucar modelo SP8—4590. Foi utilizada duas colhedoras ano de fabricação 2012, potência do motor 251 kW e rotação do motor entre 1800 e 2000 rpm ambas com rodados de esteiras e bitola de 1,88 m. A velocidade média de deslocamento das duas máquinas ficou fixada entre 5,6 km h⁻¹ e 7,5 km h⁻¹

As trocas das facas foram efetuadas de acordo com o acionamento do sensor de impurezas instalados nas máquinas e o percentual de arranque de touceiras observadas durante o processo de carregamento da cana, de modo que toda vez que isso acontecia era instalado um novo conjunto de facas e era feita a análise para coleta de dados.

3.1 MATERIAIS:

Tabela 7: Materiais utilizados no experimento.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Trena de 5 Metros	1
Macaco Hidráulico de 5 toneladas	1
Facas do corte de base compostas pelo aço SAE 6150	30
Facas do corte de base compostas pelo aço SAE 5160	30
Facas do corte de base compostas pelo aço SAE AO BORO	30
Chave catraca de 12,5 mm	2
Soquete sextavado de 10 mm	2
Durometro de bancada	1
Indentador de Aço	1

3.2 ENSAIOS DE DUREZA

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Metrologia do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB) onde foi analisada apenas as amostras dos materiais aço SAE 5160, SAE 6150 e AO BORO, como mostramos na Fig. 5.

Foi utilizado o instrumento “Duromêtro de Bancada” da marca “Digimess”, (figura 14) este mesmo possui uma carga de trabalho que pode variar 50 a 100 kg, com pre-carga de 10 kg, escalas padrões Rockwell HRC e HRB e Indentadores (esferas) de aço e diamante, para o experimento foi usado a carga de 100 kg, escala padrão Rockwell HRB e indentador de aço com esfera de 1/16”. Antes de coletar as medidas de dureza o equipamento foi calibrado utilizando um corpo de prova fornecido pelo fabricante do equipamento. Foram coletadas 15 medidas de dureza.

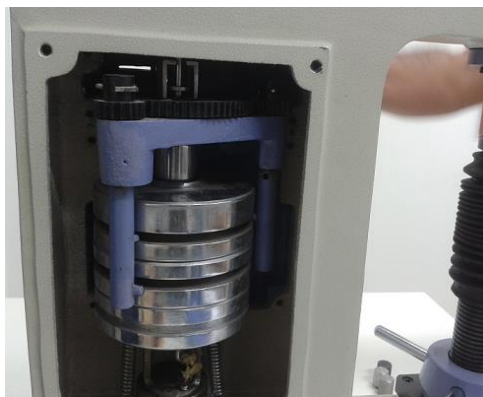


Figura 5 – Modificador de Cargas.

3.3 ENSAIO NO CAMPO DE TRABALHO

Os ensaios foram realizados em três fazendas localizada na região, entre os dias 02 e 10 de outubro de 2014, as colheitas foram conduzidas em fazendas localizadas na cidade de Guaíra – SP onde as propriedades encontram-se distantes em média 20 km uma da outra. A variedade de cana-de-açúcar cultivada nas propriedades foi a SP80-4590, desenvolvida pela Coopersucar, ambas em canavial de 2º corte. Realizou-se a colheita da cana-de-açúcar crua com duas colhedoras, fabricada em 2012, equipada com motor, cuja potência nominal é de 251 kW (342 CV). Essa colhedora possui rodados de esteiras com bitola de 1,88 m. A velocidade média de deslocamento da colhedora foi de 5,6 km h⁻¹ e 7,5 km h⁻¹ e rotação do motor de 1800 rpm e 2000 rpm.

Para realizar a caracterização das facas usadas nos testes, marcamos cada uma das facas que compõem os dois discos de corte de base com as letras A, B e C, foi montado três lotes de facas com 10 facas, a Fig. 5 mostra a composição de um desses lotes, sendo que dois modelos ficaram com 3 facas e um modelo com 4 facas em cada um das respectivas amostras (3A;3B;4C / 3A;4B;3C / 4A;3B;3C), utilizamos 3 lotes em cada tipo de solo. Para a caracterização dos solos utilizamos a letra S e os numerais 1,2 e 3 respectivamente: Letra A – Aço SAE 5160, Letra B – Aço SAE 6150, Letra C – Aço ao Boro, S1 – Latossolo Roxo, S2 – Latossolo Vermelho-Escuro e S3 – Latossolo Variação Una



Figura 5 – Lote de facas usadas no ensaio.

O experimento foi conduzido em canaviais colhidos sem queima prévia, sendo a cana-de-açúcar com porte classificado como deitado. O espaçamento entre fileiras era de 1,0 m e a produtividade agrícola média foi de 94,23 t ha⁻¹. Foram selecionadas duas velocidades de deslocamento para a colhedora, sendo uma velocidade de 4,5 km h⁻¹ (V1) e a outra velocidade de 5,5 km h⁻¹ (V2).

Foram utilizadas três diferentes rotações do motor da colhedora, sendo a rotação M1 de 1800 rotações por minuto (rpm), a rotação M2 de 1950 rpm e a rotação M3 de 2100 rpm.

Os períodos de troca dos lotes com a mistura de facas do corte basal foram estabelecidos através da certificação do arranque de touceiras e da perda de matéria prima nos extratores primários dos equipamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No laboratório de metrologia através do instrumento duromêtro de bancada podemos verificar que os materiais Aço SAE 5160 e 6150, foram os que demonstraram maior resistência a penetração do indentador, (Fig. 6) isso demonstra que os mesmos possuem uma dureza superior ao aço Ao boro, esse ultimo obteve uma variação de dureza em torno de 64 a 69 HRB, numero menor que as amostras de aço SAE 5160 e 6150 que obtiveram uma variante entre 79 a 88 HRB e 84 a 88 HRB respectivamente.

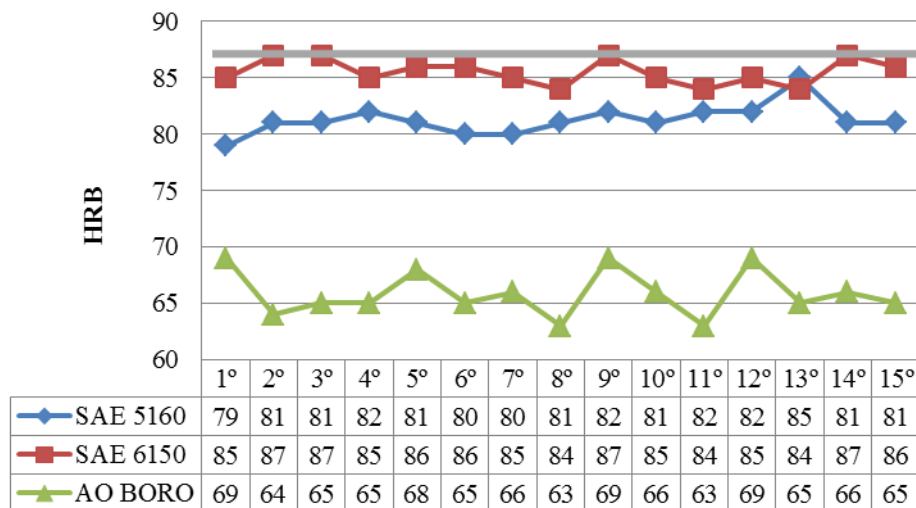


Figura 6. Resultado dos ensaios de dureza.

Os melhores resultados para o consumo de combustível por tonelada de cana-de-açúcar colhida foram obtidos na maior velocidade de deslocamento da colhedora ($5,5 \text{ km.h}^{-1}$) e na menor rotação do motor (1800 rpm). Uma vez estabelecidos os padrões de velocidade e rotação do motor, foi possível fazer o levantamento produtivo de cada solo.

Pode - se observar nos dados apresentados na Tab. 8 e 9, o latossolo roxo (S1) foi o que apresentou um melhor rendimento e o latossolo variação una (S3) o de menor capacidade produtiva. Nos dias 02,03 e 04 de outubro de 2014, a colhedora operou na Fazenda em Latossolo Roxo (S1) e verificou se uma produção de total de 3.660 ton (toneladas) em 96 h (hora/máquina) de trabalho onde o lote 3A4B3C obteve o melhor tempo de trabalho com maior produção (Tabela 9).

No final do experimento durante os dias 08,09 e 10 de outubro de 2014, a colhedora operou em Latossolo Variação Una (S3) e obteve uma produção total de 3.320 Ton em 98 hora/máquina de trabalho onde o lote 3A3B4C obteve o melhor tempo de trabalho com maior produção (Tabela 8).

Tabela 8. Resultado da produção e durabilidade dos lotes.

LOTE	S1		S2		S3	
	h	ton	h	ton	h	ton
4A3B3C	33	1400	30	1280	31	1080
3A3B4C	28	980	25	1080	35	1140
3A4B3C	35	1280	33	1300	32	1100

Tabela 9. Horas trabalhadas.

LOTE	S3	S2	S1	Total	Media
	h	h	h	h	h
4A3B3C	33	30	31	94	31
3A3B4C	28	25	35	88	29
3A4B3C	35	33	32	100	33

A Figura 7 apresenta um gráfico de desgaste das facas de cortes analisadas, caracterizado pelo desgaste das facas em cada tipo de solo em que as colhedoras operaram. É possível verificar que a faca composta com aço SAE 5160 sofreu o menor o menor índice de desgaste segundo o método proposto por Case et al. (2009).

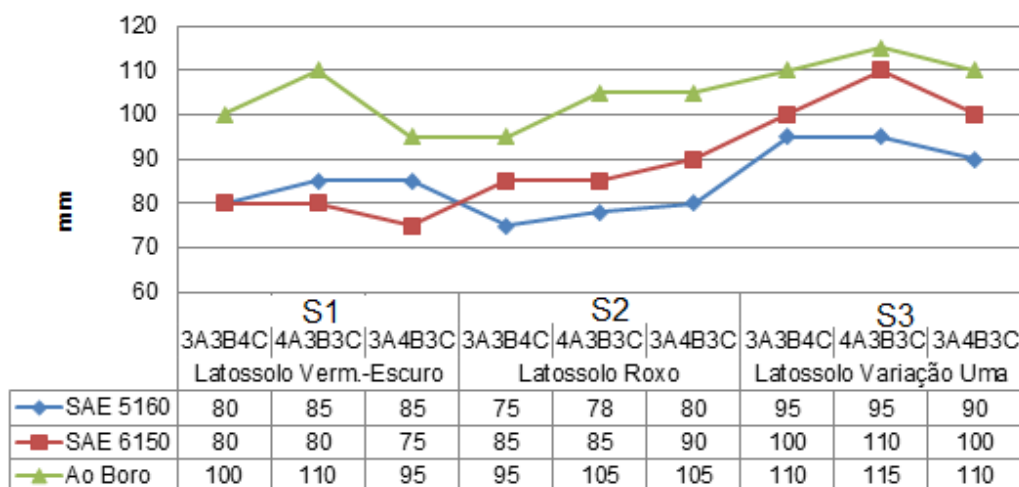


Figura 7. Redução de área da faca em mm.

5. CONCLUSÃO

Através da análise dos dados recolhidos no campo de trabalho, conclui-se que o lote 3A4B3C obteve a melhor média de horas trabalhadas com um total de 100 horas em 9 dias de trabalho com uma média de 33 hora/máquina a cada 3 dias (tabela 9) e o lote 4A3B3C obteve a melhor produção com 3760 ton em 9 dias de trabalho, com uma média de 1253 ton a cada 3 dias (tabela 9). Diante disso verificamos que o material A (Aço SAE 5160), sofreu um menor desgaste quando foi aplicado na colheita efetuada tanto no solo S3 (Latossolo Roxo) quanto no solo S2 (Latossolo Vermelho-Escuro) além de uma melhor média de horas trabalhada com maior produção e o material B (Aço SAE 6150), podemos ver que o mesmo obteve quase que o mesmo rendimento no solo S2 (Latossolo Vermelho-Escuro). O material C (Aço ao Boro) foi o que obteve o menor rendimento e a menor durabilidade no teste e consequentemente obteve o maior desgaste como podemos ver na figura 20.

Verificando os dados colhidos no laboratório de metrologia da Unifeb podemos concluir através da Fig. 6, que os materiais dos corpos de prova utilizados nos testes de dureza obtiveram uma média de dureza de 77,5 HRB, com destaque para os aços SAE 5160 e SAE 6150 com uma média de 81,3 e 86,5 HRB respectivamente, o aço Ao boro, obteve a menor média ficando com 66,3 HRB.

6. REFERÊNCIAS

- Barbosa, J., Garlipp, W., Cilense, M., 2007, "Características mecânicas do aço ao boro 10B22 aplicado em parafusos de alta resistência". Congresso Anual da ABM, v.2, pp. 191-207.
- Chiqueti, C. M., 2007, "Estudo das distorções em aços AISI 5160 e AISI 6150 com variação da temperatura e da agitação do meio de resfriamento", Universidade de São Paulo, São Carlos.
- De castro, D. B. V., 2007, "Influência da temperatura de austenitização para têmpera e de revenimento na tenacidade e na vida em fadiga do aço SAE 5160 para diferentes teores de fósforo", Universidade de São Paulo – USP, São Carlos.
- Reis, N. G., 2009, "Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base", Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- Tonette, R. L., Belardo, G. C., Milan, M., 2009, "Dimensionamento da demanda de colhedoras de cana-de-açúcar para o Brasil", XVII Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo (SIICUSP).

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

"O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho".

USE STUDY OF STEEL SAE 5160, SAE 6150 AND THE BORO AS WEAR TOOLS USED IN MACHINERY AND AGRICULTURAL IMPLEMENTS.

Gustavo Henrique Bruno, gustavobrunoguaira@gmail.com¹

Luciano Henrique de Almeida, almeidalh@gmail.com²

Revelino Davanço Dias, r.d.dias@hotmail.com³

¹Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB, Av. Professor Roberto Frade Monte, 389, Barretos – SP, CEP: 14783-226

Abstract. Brazil is the world's largest cane sugar producer, and the state of São Paulo and the state where more you cultivate the same. Previously cane cutting was done by laborers and the burning of sugarcane was necessary to facilitate the cutting and better performance of productivity, after the evolution suggest the cane harvesters, the process has been optimized, which was required between 70 and 100 people currently only a harvester reaps the harvest and in addition also makes cleaning and cutting into wedges. The basal section of the main components of the harvester, and the knife is the peripheral first wear to have contact with the raw material hence the importance of the study of the materials to be applied in these types of equipment, also taking into account the types of soils, primarily responsible for the wear of these materials. Through laboratory research and monitoring in the field, we found the best steel to be applied to the knives of base cutting in certain soils of Guaira - SP region.

Keywords: Mechanical properties, Finite elements, Enhancement, analysis.