

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANÁLISE DE DURABILIDADE DE DISCOS DE PLANTIO PARA SEMEADORAS**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte  
dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico**

**RODRIGO DE VARGAS BUENO**

Caxias do Sul

Dezembro/2005

# ANÁLISE DE DURABILIDADE DE DISCOS DE PLANTIO PARA SEMEADORAS

RODRIGO DE VARGAS BUENO

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA  
FOI APROVADO

---

Prof. Rodrigo Panosso Zeilmann, Dr. Eng. Mec.  
Coordenador de Estágio Supervisionado em Engenharia Mecânica

CONCEITO FINAL:

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof. Rodrigo Rossi, Dr. Eng. Mec.  
Supervisor de Estágio

---

Prof. Rodrigo Panosso Zeilmann, Dr. Eng. Mec.

---

Prof. Alexandre Viecelli, Dr. Eng. Civil.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, em especial aos meus pais, Luiz Carlos Kuse Bueno e Maria de Lourdes de Vargas Bueno que também são responsáveis por mais este passo que dou em busca da minha realização como profissional.

A minha namorada Fernanda da Costa pela compreensão, amor, carinho que demonstrou nas horas mais difíceis por mim enfrentadas.

Ao professor Rodrigo Rossi pela orientação no trabalho de estágio.

Ao professor Rodrigo Zeilmann pela coordenação do estágio supervisionado.

A Pepasa, a StaraSfil, a Jumil, a Plaslink e a Unitec que disponibilizaram informações, máquinas e equipamentos para realização dos ensaios.

Aos meus amigos e colegas de engenharia pelo apoio e incentivo durante todo o curso.

A os meus irmãos Mauricio de Vargas Bueno e Marina de Vargas Bueno pelo carinho e compreensão nas horas difíceis.

## RESUMO

A preocupação com a qualidade e durabilidade dos componentes utilizados em máquinas agrícolas tem levado as empresas e os produtores a se preocuparem cada vez mais com a qualidade das peças envolvidas no plantio. Um dos maiores problemas relacionados com o desgaste destes componentes são as paradas provocadas por defeitos das peças ou desgaste precoce, o que implica em custos elevados de manutenção. O presente trabalho possui relevância no que diz respeito à busca de uma melhor compreensão do comportamento do disco dosador horizontal quando submetido à situação de atrito constante. O objetivo a ser alcançado com este trabalho é a avaliação do comportamento do desgaste dos discos de plantio, a fim de estabelecer o tempo de vida útil dos mesmos. Conjuntamente, propõe-se avaliar os dados obtidos para facilitar a programação da manutenção do sistema de distribuição de sementes. Para tal, reproduziu-se uma situação de plantio em um equipamento piloto, que tem como princípio de funcionamento, o sistema convencional de distribuição de sementes de soja. Foram realizados alguns testes experimentais, de modo a avaliar o desgaste do disco devido à abrasão. O disco foi colocado em ensaio e a cada determinado período foram coletados dados de variação de espessura, variação de massa e variação no diâmetro dos orifícios. Em relação a estes dados, pode-se afirmar que o desgaste é mais intenso nas primeiras horas de utilização, levando-se em consideração que no início do serviço, as sementes estão em sua condição de maior rugosidade. É importante salientar que o ensaio

proposto neste trabalho não reproduz adequadamente as condições reais ao qual o mesmo é exposto, permitindo visualizar o comportamento de desgaste ao longo das horas de utilização. Existem diversos fatores que estão presentes no campo, porém não reproduzidos no equipamento piloto.

**Palavras-chave:** Disco de plantio. Plantio direto. Desgaste. Abrasão.

## ÍNDICE

Página

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTÁGIO.....</b>	<b>11</b>
1.1 Descrição da empresa .....	11
1.2 Área de estágio .....	12
1.3 Justificativa do estágio.....	12
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo Geral .....	14
1.4.2 Objetivos Específicos .....	14
1.5 Limites do trabalho .....	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
2.1 Introdução .....	15
2.2 Plásticos de engenharia.....	15
2.2.1 Poliamidas .....	17
2.2.1.1 Propriedades das Poliamidas .....	17
2.2.2 Agentes Modificadores.....	18
2.2.2.1 Reforços com Vidros Minerais.....	19
2.2.2.2 Lubrificantes.....	20
2.3 Sistema de plantio direto .....	22
2.3.1 A Soja .....	24
2.4 Atrito.....	25
2.4.1 Atrito em Não Metais .....	26

2.4.2	Desgaste.....	27
2.4.2.1	Desgaste por Abrasão.....	28
2.5	Medindo a Abrasão.....	29
2.5.1	Como avaliar o desgaste em peças móveis em plásticos.....	30
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....</b>	<b>32</b>
3.1	Introdução .....	32
3.2	Disco de plantio .....	33
3.2.1	Material usado na fabricação do disco .....	33
3.3	Construção do Equipamento de teste.....	35
3.3.1	Custos de construção do equipamento .....	41
3.4	Coleta de dados.....	42
3.5	Resultados e discussão.....	43
3.5.1	Varição de espessura do disco de plantio .....	43
3.5.2	Varição do diâmetro dos orifícios do disco .....	46
3.5.3	Varição da massa do disco de plantio.....	47
3.5.4	Avaliação global dos resultados .....	48
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>52</b>
	<b>ANEXO A.....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO B.....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 - Disco de Plantio .....	13
Figura 2.1 - Classificação dos materiais de engenharia. ....	16
Figura 2.2 - Efeito da dureza no desgaste por abrasão .....	29
Figura 3.1 – Sementes de soja .....	35
Figura 3.2 – Equipamento adaptado para simulação de plantio .....	36
Figura 3.3 – (A) Disco dosador e caixa propulsora; (B) Disco preenchido com as sementes de soja .....	37
Figura 3.4 – Entrada das sementes para o tubo de queda .....	37
Figura 3.5 – Saída das sementes .....	38
Figura 3.6 – Sementes distribuídas uniformemente .....	38
Figura 3.7 – Pontos de medição de parâmetros; (A) Medição de espessura. (B) Medição de diâmetro .....	43
Figura 3.8 – Discos de plantio. (A) Disco de teste isento de desgaste; (B) Disco de teste desgastado. ....	44
Figura 3.9 – Formação de trilho na borda lateral .....	44
Figura 3.10 – Corte longitudinal do disco .....	45
Figura 3.11 – Gráfico do comportamento da variação de espessura .....	45
Figura 3.12 – Gráfico do comportamento da variação do diâmetro dos orifícios do disco.....	46



## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1 – Classificação dos agentes modificadores.....	19
Tabela 2.2 – Nivel ótimo de lubrificante .....	21
Tabela 3.1 – Ficha técnica do material usado na fabricação dos discos de plantio.....	34
Tabela 3.2 – Custos de construção do equipamento.....	41

## **INTRODUÇÃO**

Este relatório refere-se ao Estágio Supervisionado em Engenharia Mecânica do aluno Rodrigo de Vargas Bueno, realizado no segundo semestre de 2005 na empresa UNITEC Indústria Comércio e Representações LTDA. O estágio foi desenvolvido junto à área de Engenharia de Produto da empresa, e tem como finalidade a avaliação da durabilidade dos discos de plantio produzidos pela empresa.

O atual nível de desenvolvimento da agricultura nacional tem levado as empresas e os produtores a se preocuparem cada vez mais com a qualidade das peças envolvidas no plantio, isto devido ao elevado custo que é gerado pelas paradas provocadas por defeitos das peças, e que implicam em manutenção e reposição das mesmas.

O sistema de dosagem e distribuição das semeadoras é composto por discos horizontais, também conhecidos como discos de plantio. Os discos de plantio são peças fundamentais no sistema de distribuição de sementes, pois o desenvolvimento de uma cultura e a produção destas depende significativamente da correta distribuição de sementes. A uniformidade de distribuição das sementes no solo determina uma boa produtividade das culturas. O disco de plantio tem a função de capturar, individualizar, dosar e liberar os grãos das sementes. Quando este dispositivo começa a falhar, pode ocorrer a distribuição ineficiente das sementes, podendo provocar ausência ou superpopulação de plantas ao longo do campo. Estes fatores implicam em prejuízos na colheita, considerando uma produção abaixo do

esperado ou produção de plantas atrofiadas.

Para atingir o objetivo proposto foi reproduzida uma situação de plantio dentro da empresa através de um dispositivo piloto, que simula o trabalho aos quais os discos são submetidos. Foram realizados alguns testes experimentais, de modo a avaliar o desgaste do disco devido a abrasão. O dispositivo piloto possui um sistema de distribuição de uma semeadora de plantio direto.

Na primeira parte do relatório é apresentada uma descrição da empresa, bem como a área de desenvolvimento do estágio e sua justificativa. Na segunda parte é apresentada a fundamentação teórica do trabalho que vai dar suporte ao desenvolvimento do trabalho, que é seguida pela apresentação do trabalho propriamente desenvolvido.

## **CAPÍTULO 1**

### **1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTÁGIO**

#### **1.1 Descrição da empresa**

A UNITEC teve seu início em primeiro de agosto de 1984, com o nome de Unitec Comércio e Representações LTDA atuando apenas como representação comercial. O fundador, que era representante comercial de produtos para o setor agrícola, sentiu no mercado, a necessidade de fornecedores de peças para a reposição e então resolveu iniciar uma indústria. No ano de 1987, deu-se início a industrialização e comercialização de peças para colheitadeira, no porão da casa da família, com a montagem de peças, utilizando componentes de aço e madeira. No ano seguinte a empresa construiu uma máquina própria para a fabricação dos itens de aço, os quais eram terceirizados. Em 1989, o proprietário contratou seu primeiro funcionário e a empresa mudou de endereço para um espaço maior, com 110m<sup>2</sup>. No ano de 1997, houve um grande crescimento da empresa, pelo incremento de peças para reposição de plantadeiras (discos de plantio). No ano de 1998, a UNITEC mudou-se novamente, transferindo-se para um pavilhão de 530 m<sup>2</sup> de área construída, onde localiza-se até hoje. Com a expansão, iniciou-se o processo de injeção de componentes plásticos para

segmento agrícola. Para suprir a necessidade dos clientes, novos funcionários foram contratados contando atualmente com nove colaboradores.

## 1.2 Área de estágio

Este estágio foi desenvolvido no setor de Engenharia do Produto da UNITEC. A Engenharia do produto é responsável pela definição dos materiais que irão ser usados na fabricação dos itens manufaturados pela empresa.

Nesta área também são desenvolvidas as características do produto no que diz respeito às dimensões, propriedades mecânicas e formulação das ligas, bem como os testes executados para a determinação de durabilidade dos discos de plantio.

Além disso, este setor tem como função atender às exigências do cliente, tendo como meta, a melhoria contínua dos produtos ao longo do tempo, buscando novas tecnologias e tendências de mercado, afim de garantir a qualidade do produto final e a satisfação do cliente.

## 1.3 Justificativa do estágio

Com a grande competitividade que o mercado impõe, as empresas devem buscar, continuamente, a evolução e o aprimoramento de seus produtos e dos materiais neles usados, visando à qualidade aliada a custos cada vez mais competitivos.

Nos últimos anos, com a grande expansão da agricultura no país, crescem as preocupações com a qualidade do plantio, por esse motivo as peças envolvidas no sistema de distribuição de semente são cada vez mais exigidas, principalmente os discos de plantio, que definem como e com que espaçamento as sementes irão ficar no solo. Outra preocupação constante do agricultor e das montadoras é a durabilidade das peças, que devem exigir o mínimo de manutenção possível.

Falhas no disco poderão afetar o plantio de duas formas, no caso de mais de uma semente for depositada no solo na mesma posição teremos uma super população, o que irá impossibilitar a germinação, ou produzir mudas de baixa produtividade. Outra falha que poderá ocorrer é a ausência de sementes devido ao fechamento de um ou mais furos do disco ou um travamento do sistema, o qual vai gerar um desperdício de tempo e uma descontinuidade na área plantada. O disco de plantio utilizado para realização dos testes é mostrado na Figura 1.1.

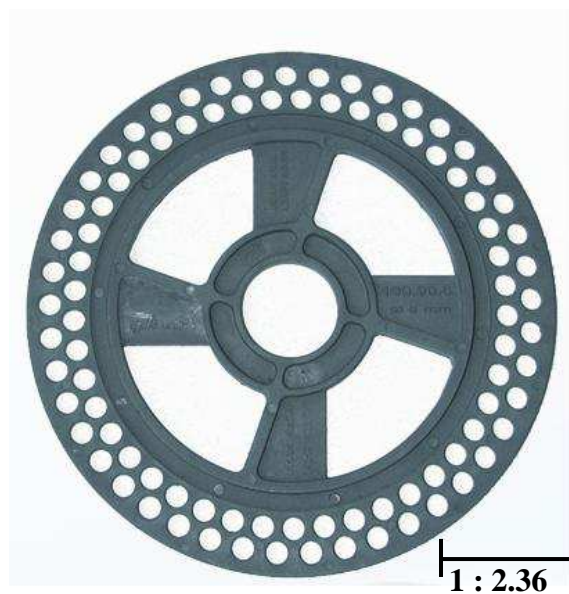


Figura 1.1 - Disco de Plantio

Com isso, este estágio tem como objetivo avaliar o comportamento de desgaste de um disco de plantio, existentes na empresa e atualmente utilizado pelos clientes, através de testes experimentais de abrasão com um dispositivo que irá simular as condições de trabalho do mesmo. No futuro este estudo irá auxiliar na escolha de novas ligas poliméricas que apresentem maior durabilidade e menor custo.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo a ser alcançado com este estudo é a avaliar e compreender o comportamento do desgaste dos discos de plantio fabricados pela empresa, a fim de estabelecer o tempo de vida útil dos mesmos, facilitando assim a programação da manutenção da plantadeira evitando paradas desnecessárias e perdas no plantio.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico deste estudo é facilitar a programação da manutenção do sistema de distribuição de sementes, pois através do tempo de vida útil da peça, o produtor pode organizar as paradas de sua máquina, economizando tempo e dinheiro.

## 1.5 Limites do trabalho

O presente estágio limita-se a avaliação da durabilidade ao que diz respeito ao desgaste por abrasão de peças atualmente utilizadas no sistema de distribuição de semente, em especial os discos de plantio. Para tanto, será construído um equipamento de testes.

Os demais problemas e defeitos que possam surgir durante os testes e suas causas, não serão avaliados nesta primeira análise, bem como novos materiais que possam ser usados para prolongar a vida útil do disco de plantio.

## **CAPÍTULO 2**

### **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### 2.1 Introdução

A fim de contextualizar melhor o problema do desgaste por abrasão sofrido pelo disco de plantio, será apresentado neste capítulo uma pequena revisão bibliográfica de alguns aspectos importantes referentes não só ao disco, como plásticos de engenharia, atrito e desgaste, mas também algumas características do processo de plantio direto.

#### 2.2 Plásticos de engenharia

Segundo Mano e Mendes (1999), polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra e intermoleculares. Possuem unidades químicas ligadas por covalências, repetidas regularmente ao longo da cadeia, denominados meros. O número de meros da cadeia polimérica é denominado grau de polimerização.

Os polímeros representam a contribuição da química para o desenvolvimento industrial do século XX. Em torno de 1920, Staudinger apresentou um trabalho em que considerava, embora sem provas, que a borracha natural e outros produtos de síntese, de



estrutura química até então desconhecidas, eram na verdade materiais constituídos de moléculas de cadeias longas, e não agregados coloidais de pequenas moléculas, como se pensava na época. Somente em 1928 foi definitivamente reconhecido pelos cientistas que os polímeros são substâncias de elevado peso molecular.

Ainda, de acordo com Mano (1996), plásticos de engenharia são polímeros que podem ser usados para aplicações de engenharia, como engrenagens e peças estruturais, permitindo seu uso em substituição a materiais clássicos, como metais. Dentro deste conceito, incluem-se todos os polímeros que podem ser usados na substituição de materiais tradicionais de engenharia, independente de sua estrutura química ou de seu caráter, termoplástico ou termorrígido.

Na figura 2.1, apresenta-se a classificação dos materiais de engenharia, agrupados em clássicos e não clássicos.

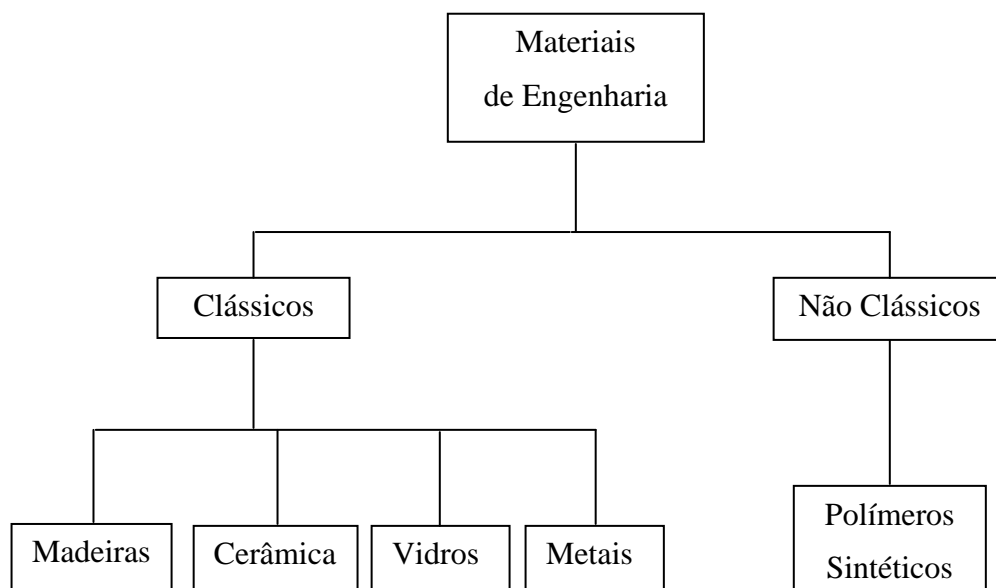


Figura 2.1 - Classificação dos materiais de engenharia (MANO,1996).

Os plásticos de engenharia apresentam módulo de elasticidade elevado a temperaturas relativamente altas, com ampla oportunidade de substituição dos materiais tradicionais, devido aos seguintes motivos: peso reduzido, comparado a cerâmica e metais;

facilidade de fabricação e processamento; eliminação de tratamento anti-corrosivo; alta resistência ao impacto; bom isolamento elétrico; menor custo energético na fabricação e transformação; custo de acabamento reduzido.

### 2.2.1 Poliamidas

De acordo com Diettrich (1997), as poliamidas comercialmente conhecidas como *Nylon* constituem a família de maior variedade entre polímeros de engenharia. São polímeros termoplásticos semi-cristalinos, de cadeia lineares com peso molecular entre 15.000 a 50.000, caracterizados pela presença de grupos ainda interligados por segmentos alifáticos saturados e não ramificados.

Conforme Albuquerque (2001), as poliamidas foram as primeiras resinas termoplásticas a serem utilizadas em engenharia. Estes polímeros cristalizados encontram-se disponíveis em muitas composições, que vão desde materiais destinados a moldagens, extrusões e resinas para serem moldadas em estado de fusão.

As poliamidas fazem parte de uma família de resinas com excepcional tenacidade e resistência ao desgaste; baixo coeficiente de atrito; propriedades elétricas e resistência química excelente; são higroscópicos<sup>1</sup> e tem menor estabilidade dimensional do que a maioria dos plásticos de engenharia.

#### 2.2.1.1 Propriedades das Poliamidas

As poliamidas apresentam excelente resistência à fadiga, baixo coeficiente de atrito, boa tenacidade, boa resistência ao desgaste, são de fácil usinabilidade, autolubrificantes,

---

<sup>1</sup> Possui a propriedade de absorver umidade.

podem ser aditivadas e possuem resistência a uma grande variedade de agentes combustíveis e químicos. São inertes a ataques biológicos e dotados de propriedades elétricas para grande maioria das tensões e frequências.

Todas as poliamidas absorvem a umidade, se esta estiver presente no ambiente de aplicação das peças. O teor de umidade reduz a resistência e rigidez e aumenta seu alongamento e resistência ao impacto. De forma geral, com o aumento do teor de umidade, as dimensões aumentam em aproximadamente 0,2 a 0,3% a cada 1% de umidade absorvida. Porém, essas mudanças dimensionais provocadas pela absorção de umidade podem ser compensadas por condicionamento da umidade antes de colocar a peça em serviço.

### 2.2.2 Agentes Modificadores

De acordo com Rabelo (2000), existem duas razões básicas para a necessidade de se introduzir aditivos na massa polimérica. A primeira é que os aditivos são algumas vezes necessários para alterar as propriedades do material, tornando-o por exemplo mais rígido, ou mais flexível, ou até mesmo mais barato. O segundo aspecto é a necessidade de conferir estabilidade ao material durante o serviço e/ou no processamento.

Os tipos e quantidades de aditivos adicionados dependem do polímero em si, do processo de transformação a ser otimizado e da aplicação a que se destina o produto. Muitas vezes é necessário se otimizar as propriedades pois a adição de um certo aditivo, para se atingir um determinado objetivo, pode alterar de forma negativa outras propriedades do polímero. Em outros casos um aditivo tem efeitos positivos sobre vários aspectos.

Segundo Albuquerque (2001), os agentes modificadores não têm limites bem definidos para uma classificação, uma vez que alguns podem agir com duas ou mais funções diferentes.

Reforços como fibras de vidro, minerais e de carbono são empregados no sentido de melhorar significativamente as propriedades mecânicas e térmicas dos termoplásticos. Os custos mais elevados desses compostos são normalmente compensados pela melhoria de seu desempenho.

A classificação apresentada na Tabela 2.1, é a mais usual e baseia-se na principal função que exerce sobre os termoplásticos.

Tabela 2.1 – Classificação dos agentes modificadores

<b>Reforços</b>	<b>Cargas</b>	<b>Aditivos</b>	<b>Modificadores de Impacto</b>
Fibras de Carbono	Microesferas	Anti-oxidante	Butadieno
Fibras de Vidro	Talco	Anti-estático	EPDM
	Carbonato de Cálcio	Anti-chama	
		Protetor Ultravioleta	
		Lubrificantes	

Fonte: Albuquerque, 2000.

#### 2.2.2.1 Reforços com Vidros Minerais

As fibras de vidro utilizadas nesses reforços são do tipo têxtil, de alta resistência, revestidas com um agente de ligação e de acoplamento destinado a melhorar a compatibilidade com a resina e com um lubrificante destinado a minimizar a abrasão entre os filamentos. Sistemas semelhantes são usados para os reforços minerais. Os termoplásticos reforçados com fibra de vidro são normalmente fornecidos na forma de “prontos para moldagem”. Os produtos moldados podem conter um mínimo de 5% até 60% de vidro em peso. A maioria desses compostos contém vidro na faixa de 20 a 40%, a fim de atingir uma melhor relação custo/desempenho.

Os reforços com fibras de vidro introduzem melhorias nas propriedades mecânicas dos plásticos, na ordem de duas ou mais vezes.

Nos compostos reforçados, as melhorias são referentes ao módulo de tensão, a estabilidade dimensional, a estabilidade hidrolítica e a resistência à fadiga. A deformação sob carga desses materiais é sensivelmente reduzida. O reforço de uma resina com fibras sempre altera o seu comportamento sob impactos e sensibilidade a entalhes. A mudança pode ocorrer em qualquer desses sentidos, dependendo da resina envolvida, mas mesmo quando a modificação ocorrida é para melhor, essas propriedades podem ainda não ser suficientemente elevadas para as exigências de determinados tipos de aplicação.

Os plásticos moldados com fibras de vidro ou minerais são utilizados em ampla faixa de peças estruturais e mecânicas. Por exemplo, o *nylon* reforçado com fibra de vidro, em função da sua resistência e de sua rigidez, é empregado em engrenagens automotivas e em componentes para funcionamento no compartimento do motor, enquanto que o *nylon* com reforço mineral é utilizado em peças de carcaça e chassis em função de sua tenacidade e rigidez.

O grau de melhoria das propriedades está diretamente relacionado com a eficiência do sistema de dimensionamento, que liga a resina e às fibras. As esferas de vidro e as fibras de dimensões não-uniformes, por outro lado, aumentam os desgastes nas superfícies e o coeficiente de atrito.

#### 2.2.2.2 Lubrificantes

Conforme Albuquerque (2000), os termoplásticos podem também ser lubrificados internamente, com uma variedade de sistemas, a fim de melhorar sua resistência ao desgaste. As resinas Politetrafluoretileno (PTFE) e os silicones, separadamente ou em combinações, fornecem a mais elevada melhoria no que se refere às características de desgastes.

Usam-se também pós de grafite e bissulfeto de molibdênio, principalmente nos *nylons*. Os lubrificantes de PTFE são especialmente modificados para aumentar sua natureza lubrificante no composto.

A adição de lubrificantes melhora ainda mais a característica de desgaste de bons materiais para mancais, como é o caso da poliamida e do acetal. Os lubrificantes permitem também a utilização de materiais de baixas características no que se refere a desgaste, porém dotados de elevadas características de precisão, como os policarbonatos, em aplicações de engrenagens e mancais. Os lubrificantes podem ser usados isoladamente ou em conjunto com reforços de fibras.

O nível ótimo de enchimento lubrificante varia na dependência do tipo de enchimento e de resina; entretanto, são típicas as faixas, como mostrado na tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Nivel ótimo de lubrificante

<b>Tipo de Lubrificante</b>	<b>Percentual Ótimo</b>
PTFE	15-20%
Silicone	1-5%
PTFE/silicone	15%
Grafite	15%
Bissulfeto de Molibdênio (MoS <sub>2</sub> )	2-5%

Fonte: Albuquerque, 2000.

Os principais reforços e lubrificantes usados em compostos lubrificandos internamente, baseados em resinas de engenharia para peças moldadas por injeção, sujeitas a desgaste, são politetrafluoretileno, os silicones, as fibras de vidro e de carbono e os pós de grafite.

Os pós de grafite são sólidos com baixo atrito e alta temperatura e tradicionalmente utilizado para lubrificar partes metálicas móveis nas quais se exige uma lubrificação limitada. Existe uma grande variedade de pós de grafite, sendo que a sua capacidade lubrificante está

na dependência de sua estrutura, de sua pureza e do diâmetro das partículas. Pós de grafite corretamente selecionados podem ser compostos por extrusão com uma ampla variedade de termoplásticos, a fim de reduzir coeficiente de atrito e fatores de desgaste. Uma importante área de aplicação para os termoplásticos lubrificados com grafite é a de componentes que devem trabalhar em ambientes aquosos.

### 2.3 Sistema de plantio direto

Segundo a Embrapa (2005), o termo Plantio Direto é originado do conceito de "zero tillage", considerando-se que os ingleses e americanos foram os primeiros a mecanizarem esse sistema, reconhecido como avanço tecnológico fundamental, por significar o plantio sob resíduos de cobertura vegetal, com o mínimo de interferência no solo ao se plantar sementes ou mudas.

O sistema foi na realidade originado a partir de pesquisas de cientistas norte americanos e europeus sobre o combate de ervas daninhas que dispensasse o uso de cultivos mecânicos. Como resultado desse esforço de pesquisa a *Imperial Chemical Industries* (ICI), desenvolveu em 1955 a molécula do "paraquat", dessecante que deu o impulso significativo aos primeiros trabalhos e aos fundamentos de formação da palha, base para o uso do sistema.

As primeiras fazendas mecanizadas com o Plantio Direto foram idealizadas e colocadas em prática no Kentucky, EUA, por Shirley Philips em articulação com a Allis Chalmers, a qual, em 1960, lança a primeira semeadora com disco ondulado para corte frontal da palha.

O marco histórico da introdução do plantio direto no Brasil, é reportado como sendo no ano de 1969, quando a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através de convênio com o MEC/USAID, importou dos EUA uma semeadora para

plantio direto, da marca Buffalo, e semeou um hectare de sorgo na área agrícola do então Posto Agropecuário do Ministério da Agricultura, no município de Não-Me-Toque.

Em 1978, em convênio com a ICI do Brasil, a Embrapa Trigo passou a avaliar semeadoras para plantio direto, importadas da Inglaterra, e a avaliar e desenvolver mecanismos rompedores de solo para plantio. Essas ações constituíram os primeiros passos orientadores para a industrialização de semeadoras nacionais para plantio direto. Em seqüência a esses estudos, em 1980, a Embrapa Trigo firmou convênio com a Agência Internacional de Desenvolvimento do Canadá/Ministério da Agricultura do Canadá (CIDA), e introduziu no Brasil o elemento rompedor de solo para semeadora para plantio direto, chamado disco duplo defasado, o qual passou a equipar a maioria das semeadoras comerciais do Brasil e inclusive do exterior.

De acordo com a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2005), plantio direto é a semeadura, na qual a semente é colocada no solo não revolvido, isto é, sem prévia aração ou gradagem leve niveladora, usando-se semeadeiras especiais. Um pequeno sulco ou cova é aberto com profundidades e larguras suficientes para garantir a adequada cobertura e contato da semente com o solo.

No Plantio Direto não se usa os implementos denominados de arado e grade leve niveladora, que são comuns na agricultura brasileira e no preparo do solo antes da semeadura. Uma vez adotado o plantio direto, ele não deve ser utilizado intercalado com arado, grade niveladora, grade aradora. A manutenção de restos de culturas comerciais, trigo e milho, ou adubos verdes, aveia e milheto, na superfície do solo é importantíssimo para o sucesso do plantio direto. Ou seja, a superfície do solo deve ficar grande parte coberta com palha. Depois de atender estes requisitos, implementos sulcadores podem ser utilizados para quebrar eventuais camadas de solo compactadas.

Segundo Trintin, Neto e Bortolotto (2005), no plantio direto, as semeadoras assumem papel importante, já que elas devem executar as operações de abertura de sulco e



deposição de sementes e de fertilizante. A precisão de plantio é um importante fator na eficiência do uso da terra, pois todo o processo produtivo é dependente dos resultados obtidos na semeadura.

### 2.3.1 A Soja

Segundo a Embrapa (2005), a soja que hoje cultivamos é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China.

As primeiras citações do grão aparecem no período entre 2883 e 2838 AC, quando a soja era considerada um grão sagrado, ao lado do arroz, do trigo, da cevada e do milho. Um dos primeiros registros do grão está no livro "Pen Ts'ao Kong Mu", que descrevia as plantas da China ao Imperador Sheng-Nung. Para alguns autores, as referências à soja são ainda mais antigas, remetendo ao "Livro de Odes", publicado em chinês arcaico e, também, a inscrições em bronze.

Até aproximadamente de 1894, término da guerra entre a China e o Japão, a produção de soja ficou restrita à China. Apesar de ser conhecida e consumida pela civilização oriental por milhares de anos, só foi introduzida na Europa no final do século XV, como curiosidade, nos jardins botânicos da Inglaterra, França e Alemanha.

Na segunda década do século XX, o teor de óleo e proteína do grão começa a despertar o interesse das indústrias mundiais. No entanto, as tentativas de introdução comercial do cultivo do grão na Rússia, Inglaterra e Alemanha fracassaram, provavelmente, devido às condições climáticas desfavoráveis.

De acordo com Wikipedia (2005), a soja é um grão rico em proteínas (família Fabaceae), cultivado como alimento tanto para humanos quanto para animais. A palavra soja vem do japonês *shoyu*. A soja é nativa do sudoeste da Ásia.

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, vindo atrás apenas dos Estados Unidos. Outros grandes produtores são a Argentina, a China e a Índia. A produção mundial de soja em 2004 foi de 190 milhões de toneladas.

O óleo de soja é o mais utilizado pela população mundial no preparo de alimentos. Também é extensivamente usado em rações animais. Outros produtos derivados da soja incluem óleos, farinha, sabão, cosméticos, resinas, tintas, solventes e biodiesel.

A soja é considerada uma fonte de proteína completa, isto é, contém quantidades significativas de todos os aminoácidos essenciais que devem ser providos ao corpo humano através de fontes externas, por causa de sua inabilidade para sintetizá-los.

Como ilustração do poder nutritivo da soja, saliente-se o fato de que ela é o único alimento proteico fornecido por organizações humanitárias a africanos famélicos. Com uma alimentação exclusivamente baseada em soja, crianças à beira da morte recuperam todo o seu peso em poucas semanas. Esse fenômeno ocorreu em larga escala nas crises humanitárias de Biafra (Década de 1970), Etiópia (Década de 1980) e Somália (Década de 1990).

## 2.4 Atrito

Segundo Levinson (1968), o atrito e a gravidade são as duas forças com as quais os engenheiros se deparam com mais frequência ao longo do desenvolvimento de projetos mecânicos, contudo essas são ainda as forças da natureza menos compreendidas. Ao longo dos últimos séculos esforços combinados de engenheiros, cientistas e pesquisadores tem fracassado em responder questões a respeito suas origens e natureza. O atrito é extremamente

útil e importante em algumas circunstâncias e exerce uma função vital em freios, embreagens, acoplamentos e nas propriedades antiderrapantes dos pneus. Embora em outras situações seja altamente indesejável, o estudo da tribologia está concentrado em minimizar seus efeitos. Para definirmos atrito podemos tomar por base a mais elementar das situações de movimento, ou seja, dois corpos deslizando um sobre o outro, neste a resistência ao movimento é chamada de atrito.

#### 2.4.1 Atrito em Não Metais

De acordo com Hutchings (1992), os não metais apresentam características de atrito bastante diferentes dos metais. Essas diferenças se devem, basicamente, a propriedades dos metais que apresentam superfícies altamente reativas com o oxigênio e vapor d'água do ar, e, também, tem elevada energia superficial, de tal modo que filmes contaminantes, graxos ou gasosos, tendem a ser fortemente absorvidos por elas. Conseqüentemente, o coeficiente de atrito de metais pode variar bastante, dependendo do estado de limpeza das superfícies, e é importante saber se os metais estão cobertos por um filme graxo, por um filme de óxido, ou não apresentam filme de qualquer espécie.

Por outro lado, a ocorrência de contaminação em não metais é menos importante. A formação de óxidos não ocorre na maioria dos casos e filmes de outros tipos, que geralmente alteram as características de atrito de metais, muitas vezes não afetam essas características nos não metais.

Um fator importante a considerar quando se analisam as características de atrito de não metais é que, ao contrário dos metais que formam uma classe homogênea, não metais variam muito entre si, incluindo substâncias completamente diferentes, como diamante, borracha, polímeros, grafite e madeira. Apesar dessa grande diferença, entretanto, verifica-se que as características de atrito de não metais são bastante uniformes.

Quando não metais deslizam sobre outros materiais, metais ou não metais, verifica-se que as características de atrito tendem a ser às do material mais mole, e que a natureza do material mais duro faz pouca diferença. Não metais geralmente obedecem às leis do atrito de escorregamento.

O contato entre polímeros, ou polímeros e metais normalmente são elásticos. Um fator importante sobre o atrito entre polímeros, são suas propriedades mecânicas, e uma das principais é que muitos polímeros são viscoelásticos.

O coeficiente de atrito entre polímeros deslizando sobre polímeros, ou sobre metais ou cerâmica normalmente varia entre 0.1 a 0.5. O atrito como nos metais pode ser atribuído a duas fontes: a deformação térmica, envolvendo a dissipação de energia próximo a área de contato, e a adesão originada entre a superfície e o material em contato.

#### 2.4.2 Desgaste

Segundo Serbino (2005), o termo desgaste é utilizado como dano ao material, geralmente envolvendo perda de material, devido ao movimento relativo entre as superfícies em contato. Embora, pareça ser simples esta questão, o fato é que os estudos realizados neste campo estão ainda em fase inicial, ou seja, atualmente a mecânica deste fenômeno se encontra em nível de estruturação em sua compreensão básica, onde possivelmente o grande desafio para resolver este tipo de problema seja antecipar o tipo de desgaste a que o componente será submetido.

Aparentemente não existem catálogos organizados contendo a exata descrição do estado de tensões ou condições químicas sobre os materiais submetidos ao desgaste em largo espectro de aplicações, pois os mecanismos de deslizamento e outras fontes de desgaste não foram definidos rigorosamente para todos os casos. Entretanto, existem

razoáveis quantidades de informações sobre desgaste em materiais submetidos a condições laboratoriais.

De acordo com Maru (2003), a preocupação com o desgaste surge na medida em que o dano se torna tão grande na superfície, que passa a interferir no funcionamento do mecanismo.

#### 2.4.2.1 Desgaste por Abrasão

Conforme Rabinowicz (1995), esta é a forma de desgaste que ocorre quando uma superfície rugosa e dura, ou uma superfície mole contendo partículas duras, desliza sobre uma superfície mais mole, e provocará uma série de ranhuras nesta superfície. O material das ranhuras é deslocado na forma de partículas de desgaste, geralmente soltas.

O desgaste abrasivo pode ocorrer, também, em uma situação diferente, quando partículas duras e abrasivas são introduzidas entre as superfícies deslizantes, desgastando-as. O mecanismo desta forma de abrasão parece ser o seguinte: um grão abrasivo adere temporariamente em uma das superfícies deslizantes, ou mesmo é incrustado nela, e risca uma ranhura na outra.

As duas formas de desgaste, uma envolvendo uma superfície dura e rugosa e a outra um grão duro e abrasivo, são conhecidas como processo de desgaste abrasivo de dois corpos e processo de desgaste abrasivo de três corpos, respectivamente.

O desgaste abrasivo do tipo dois corpos não ocorre quando a superfície dura deslizante é lisa. O desgaste abrasivo do tipo três corpos não ocorre quando as partículas no sistema são pequenas, ou quando são mais moles que os materiais deslizantes. É, portanto, possível conseguir que um sistema seja, inicialmente, livre de desgaste abrasivo.

O desgaste abrasivo é amplamente utilizado em operações de acabamento. O tipo dois corpos é utilizado em limas, papel abrasivo, tecidos abrasivos e rebolos, enquanto o tipo três corpos é usado para polimento e lapidação.

Segundo Kruschov e Babichev (1956), a proporcionalidade quando o material a ser desgastado é mais mole que o abrasivo é válida. Quando a dureza do material desgastado ultrapassa a dureza do abrasivo, o volume de material desgastado cai rapidamente, tendendo a zero à medida que a dureza aumenta. Esse fato pode ser explicado por uma característica do processo de desgaste por abrasão que deve estar sempre presente, nenhum abrasivo cortará algo mais duro que ele mesmo. Conforme mostra a figura 2.2.

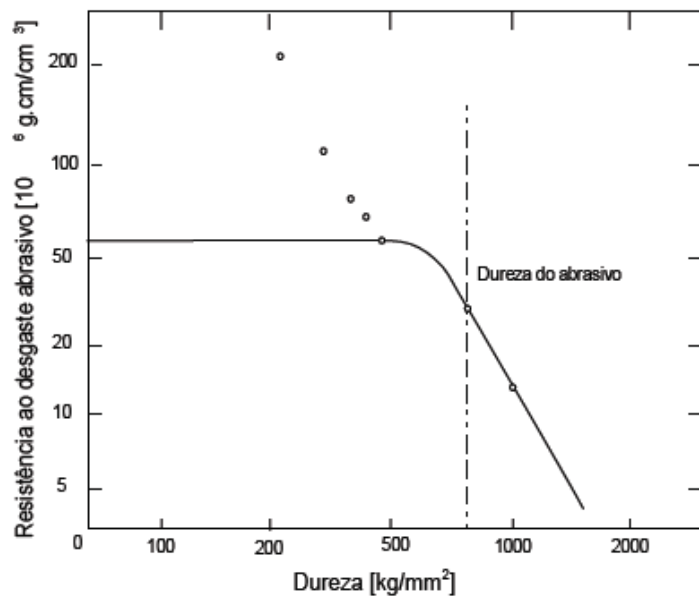


Figura 2.2 - Efeito da dureza no desgaste por abrasão

## 2.5 Medindo a Abrasão

Para coletas de dados que objetivam medir a abrasão, pode-se tomar como base a norma DIN 53516 – Determination of Abrasion Resistance, que define o método de teste usado para avaliar o desgaste abrasivo de um elastômero submetido a uma ação abrasiva. (DIN, 1987). Este método é apropriado para testes comparativos, para checar a uniformidade

do produto, e definir suas especificações. No entanto, os resultados obtidos através deste teste de acordo com a norma, não podem ser assumidos para representar o desgaste real que o elastômero sofrerá em serviço.

A peça de elastômero a ser testada é percorrida sob pressão de contato e velocidade constante, através de uma distância de abrasão definida de um lado para o outro de uma lixa abrasiva anexada a superfície de um cilindro giratório, e a perda de massa é determinada. O grau abrasivo da lixa é determinado pelo mesmo procedimento que a perda de massa do elastômero padrão, e é necessário estar dentro de uma margem específica de valores. A perda de massa do elastômero em teste é convertida em perda de volume de sua densidade calculada, e a perda de volume a seguir se refere a um específico grau de abrasão nominal.

#### 2.5.1 Como avaliar o desgaste em peças móveis em plásticos

Segundo a empresa Pepasa (2005), para determinar o desgaste e o atrito que ocorre em superfícies móveis em contato, são utilizados aparelhos onde anéis do material a ser testado são colocados em contato com anéis de aço com 12 a 16 micro-polegadas de acabamento e dureza Rockwell “C” entre 18 e 22, submetidos a uma carga, girando a uma velocidade.

O anel de plástico possui um ressalto e a duração do teste varia em função do tempo necessário para assegurar contato integral de 260 graus entre o anel metálico e a superfície de plástico a ser testado. A velocidade e a carga utilizadas são registradas. A perda de peso resultante do desgaste sofrido é determinada em balanças analíticas onde são pesados os anéis plásticos antes e depois de submetidos ao desgaste.

Neste estudo essas técnicas de medição de desgaste não serão aplicadas, pois a peça utilizada nos testes, é um item fabricado e vendido pela empresa. O objetivo não é testar o

material em si, e sim, acompanhar e avaliar a evolução do desgaste da peça em uma situação real de plantio.



## **CAPÍTULO 3**

### **3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

#### **3.1 Introdução**

O atual nível de produção de grãos requer o desenvolvimento de equipamentos agrícolas cada vez mais eficientes e precisos. As semeadoras representam importante elemento nesse contexto, uma vez que o desenvolvimento de uma cultura, bem como sua produção, dependem, em parte, de uma correta distribuição de sementes.

A uniformidade de distribuição longitudinal de sementes é uma das características que mais contribui para a obtenção de uma disposição adequada das plantas e, conseqüentemente, de boa produtividade das culturas.

A dosagem de sementes é realizada por discos horizontais (disco de plantio) na maioria das semeadoras de precisão brasileiras. Esses discos são o coração da máquina semeadora, pois têm a função de capturar, individualizar, dosar e liberar as sementes.

Visando melhorar seus produtos, a engenharia de produto da Unitec resolveu avaliar a qualidade e a durabilidade de seus discos de plantio.

Neste capítulo são apresentadas as atividades executadas para a conclusão do estudo da durabilidade do disco de plantio.

### 3.2 Disco de plantio

As semeadoras mais comuns são dotadas de mecanismo dosador de sementes tipo disco horizontal. As semeadoras dotadas deste sistema podem proporcionar uma boa distribuição de sementes, desde que estas sejam rigorosamente classificadas, com relação a homogeneidade nas dimensões das sementes.

Os discos de plantio fazem parte do sistema dosador, posicionador e distribuidor de semente, que é considerado o sistema mais comum de distribuição.

À medida que a semeadora se desloca, os discos de plantio são acionados e giram embaixo da massa de semente, e durante esse giro, cada furo é preenchido com uma semente que é conduzida até o solo por gravidade pelo tubo de queda. Utilizou-se para o teste, um disco dosador horizontal produzido na Unitec, mostrado na Figura 1.1. No caso deste estudo, o disco possui duas carreiras concêntricas de furos, totalizando 90 orifícios por onde as sementes passam individualmente. Cada orifício possui 7 mm de diâmetro, considerando que as sementes de soja utilizadas no teste possuem em média esta dimensão.

#### 3.2.1 Material usado na fabricação do disco

O material utilizado na fabricação do disco de plantio é uma poliamida 6.6. Este material foi desenvolvido em parceria da Unitec com a Pepasa e neste desenvolvimento foram levados em consideração algumas características e propriedades do produto que são:

- a) resistência ao desgaste;
- b) estabilidade dimensional;
- c) tenacidade;

- d) baixo coeficiente de atrito; e
- e) auto-lubrificação.

O material utilizado na fabricação dos discos deve atender a requisitos básicos no que diz respeito as suas propriedades para que o produto final atenda as exigências de utilização. A aquisição de valores das propriedades é executada conforme normas técnicas. A tabela 3.1 apresenta a ficha técnica do material em questão.

Tabela 3.1 – Ficha técnica do material usado na fabricação dos discos de plantio.

<b>Propriedades</b>	<b>Normas</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
Peso específico	ASTM D792	-	1,37 ± 0,2
Absorção de umidade em 24 horas	ASTM D570	%	0,60 – 0,80
Contração na moldagem	ASTM D955	%	0,85 – 1,25
Teor de reforço/carga	Pepasa – IT-10.04	%	30 ± 2,0
Resistência a tração no escoamento	ASTM D638	MPa	≥ 59,0
Alongamento a tração na ruptura	ASTM D638	%	≥ 1,50
Resistência a flexão	ASTM D790	MPa	≥ 90,0
Módulo de flexão	ASTM D790	MPa	≈ 4.900
Resistência ao impacto Izod, com entalhe	ASTM D256	J/M	≥ 40,0
Flamabilidade	UL 94	-	HB
Temperatura de deflexão			
0,45 MPa	ASTM D648	°C	≈ 210
1,82 MPa			≈ 210

Fonte: Pepasa, 1999.

### 3.3 Construção do Equipamento de teste

Para que os testes pudessem ser executados foi necessário à adaptação de um equipamento que simula a situação real de plantio. Este equipamento possui um sistema de distribuição de semente de uma semeadora de plantio direto.

As sementes utilizadas para avaliar o desgaste do disco são de soja, que possuem diâmetros semelhantes, como mostrado na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Sementes de soja

Na adaptação deste equipamento, mostrado na figura 3.2, foram usados:

- a) um motor elétrico de 1.710 rpm;
- b) um redutor de 1:60;
- c) uma correia A-49;
- d) um jogo de polias;
- e) um sistema de distribuição de semente de uma semeadora; e
- f) um tubo de queda.



Figura 3.2 – Equipamento adaptado para simulação de plantio

O desenho do dispositivo de teste é apresentado no Anexo A, e a vista explodida do sistema de distribuição de semente juntamente com o nome dos componentes são mostrados no Anexo B.

As sementes são alimentadas no depósito de sementes, localizado na parte superior do equipamento, e descem por gravidade até o disco dosador horizontal, que está localizado no fundo do reservatório. O disco dosador horizontal permite a passagem de uma semente por vez, em distâncias equivalentes. Na Figura 3.3, pode-se visualizar o disco dosador e a caixa propulsora de sementes, que tem por finalidade, impedir que as sementes fiquem retidas nos orifícios. Depois de carregar o sistema, as sementes de soja são distribuídas uma a uma nos orifícios do disco.

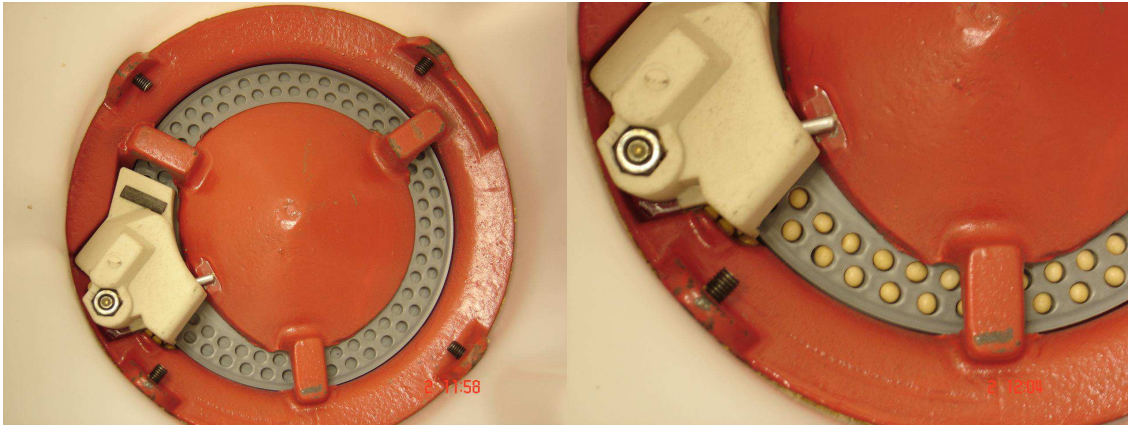


Figura 3.3 – (A) Disco dosador e caixa propulsora; (B) Disco preenchido com as sementes de soja

O disco gira sob a caixa propulsora, permitindo a saída das sementes até o tubo de queda. Os gatilhos de aço impedem a entrada descontrolada de sementes no tubo de queda, impedindo uma superpopulação no solo, de acordo com a Figura 3.4.

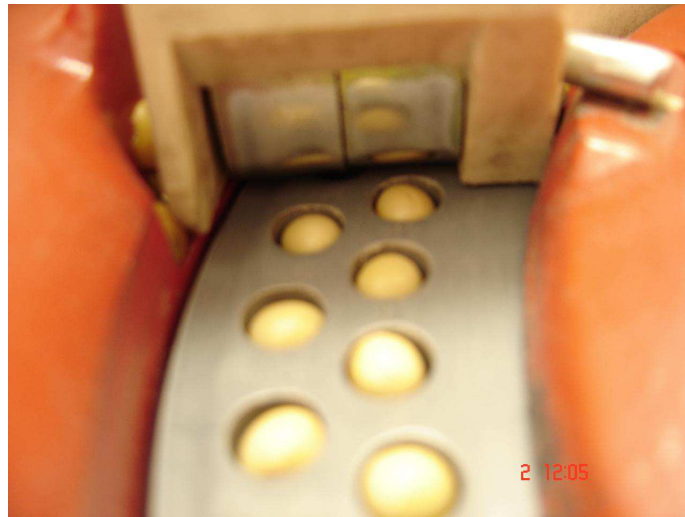


Figura 3.4 – Entrada das sementes para o tubo de queda

Na Figura 3.5, pode-se visualizar a parte inferior do equipamento, por onde as sementes saem do disco e são conduzidas ao solo.

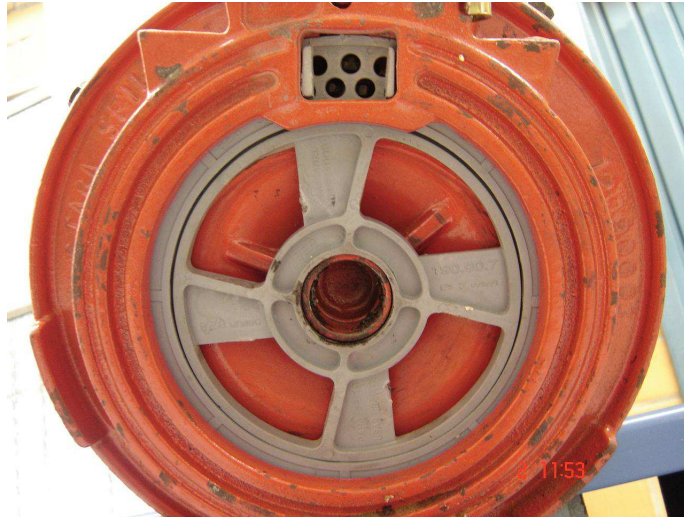


Figura 3.5 – Saída das sementes

O sistema de distribuição é o mecanismo que define a quantidade e o espaçamento em que as sementes vão ficar posicionadas no solo, de maneira uniforme, para que não ocorram falhas como superpopulação ou falta de sementes. Na Figura 3.6, pode-se perceber que as sementes, ao cair do sistema de distribuição, apresentam espaçamento uniforme entre uma e outra.



Figura 3.6 – Sementes distribuídas uniformemente

O cálculo descrito a seguir demonstra o modelo matemático utilizado para a determinação da velocidade ideal de giro do disco de plantio na cultura de soja.

Segundo Stara Sfil (2005) e Jumil (2005), os parâmetros corretos a serem adotados durante a operação, de modo a proporcionar o máximo de rendimento, economia e durabilidade para a distribuição de sementes de soja são os seguintes:

- a) velocidade do trator de 6 a 8 km/h;
- b) de 12 a 21 sementes por metro; e
- c) disco de plantio de 90 orifícios.

No caso desse estudo, para a execução do equipamento de testes foi utilizado uma velocidade do trator de 6,55 km/h, uma população de 20 sementes por metro e um disco de 90 orifícios de 7 mm de diâmetro.

A partir destes dados, utilizou-se o a equação 3.1 para determinar a velocidade de giro do disco de plantio:

$$VR = \frac{\frac{V}{3,6} \cdot NS}{NF} \cdot 60 \quad (3.1)$$

$$VR = 24 \text{ rpm}$$

Sendo:

VR = Velocidade de rotação do disco [rpm];

V = Velocidade do trator [km/h];

NS = Número de sementes por metro; e

NF = Número de furos do disco de plantio.



Para que a velocidade ideal de rotação do disco fosse alcançada foram necessárias algumas reduções, por isso foi utilizado o redutor e o jogo de polias.

Na construção do equipamento de testes foram utilizadas duas polias, sendo a do redutor com 55 mm de diâmetro e outra que corresponde a polia do motor. Esta foi dimensionada através de um modelo matemático. Também foram utilizados, um redutor de 1:60, e o motor que foi adaptado a esse sistema, o qual possui uma velocidade nominal de 1710 rpm. O sistema de distribuição adquirido junto a Stara Sfil, possui uma coroa de 40 dentes e um pinhão de 10 dentes, o que nos fornece uma relação de 1:4.

Para que o motor funcionasse na velocidade ideal de teste, foi necessário o dimensionamento das polias através da seguinte equação:

$$VR = \frac{VM \cdot RP}{RR \cdot RC} \quad (3.2)$$

onde:

VR = Velocidade de rotação do disco [rpm];

VM = Velocidade do motor [rpm];

RP = Relação entre polias;

RR = Relação do redutor; e

RC = Relação coroa e pinhão;

Substituindo-se os valores referidos na equação 3.2, encontra-se qual a relação ideal entre as polias, que corresponde a:

$$RP = 3,36$$

A relação entre as polias é o quociente entre o diâmetro maior pelo diâmetro menor, demonstrado na equação 3.3.

$$RP = \frac{d1}{d2} \quad (3.3)$$

onde:

d1 = Diâmetro da polia do motor [mm]; e

d2 = Diâmetro da polia do redutor [mm].

Conhecendo o valor da relação entre as polias e o diâmetro da polia do redutor, obtém-se o diâmetro da polia do motor que corresponde a:

$$d1 = 185mm$$

### 3.3.1 Custos de construção do equipamento

A construção do equipamento e a execução dos testes despenderam alguns custos que foram cobertos pela empresa, e estes estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Custos de construção do equipamento.

Descrição	Quantidade	Valor
Sistema de distribuição de semente	1	R\$ 350,00
Motor	1	R\$ 400,00
Redutor	1	R\$ 800,00
Construção do equipamento	1	R\$ 1.100,00
Sementes	60 Kg	R\$ 150,00
Total		R\$ 2.800

### 3.4 Coleta de dados

A determinação da durabilidade do disco de plantio foi realizada através de ensaios em um dispositivo que simula uma situação real de plantio.

Os testes foram realizados em bancada, empregando-se dosador de sementes de tipo disco horizontal. O disco de plantio usado continha 90 orifícios de sete milímetros de diâmetro, um orifício para cada semente, distribuídas em duas carreiras. O reservatório de sementes do conjunto dosador é do tipo individual, com capacidade para 25 kg.

A proposta realizada estabeleceu a coleta de informações a cada 50 horas de ensaio, aonde foram verificados as variações de peso, alterações do diâmetro dos furos e a espessura do disco. O dispositivo era realimentado manualmente de 3 em 3 horas, com a mesma quantidade de sementes. Para a determinação da variação destes parâmetros, fez-se a medição da espessura e do diâmetro em um quadrante pré-fixado do disco, que corresponde a 25% de seu tamanho total. Foram coletados dados de 23 orifícios, e 10 pontos deste quadrante. Em posse destes dados, fez-se a média aritmética dos mesmos, e obteve-se um valor médio a cada coleta.

Após cada coleta de dados, o disco foi observado a olho nu. Os resultados foram registrados por fotografias com uma câmera digital para posterior comparação de alterações visuais. As variações de peso foram coletadas utilizando-se uma balança semi-analítica. Para verificação das alterações de espessura do disco, utilizou-se um micrômetro da marca Mitutoyo. Os pontos de medição de espessura localizam-se entre as carreiras de orifícios, pois um desgaste excessivo neste local pode prejudicar a qualidade do plantio. A alteração do diâmetro dos furos foi medida utilizando-se um paquímetro de precisão da marca Mitutoyo. A medição do diâmetro foi feita no sentido de rotação do disco. Os pontos de medição referidos são mostrados na Figura 3.7.

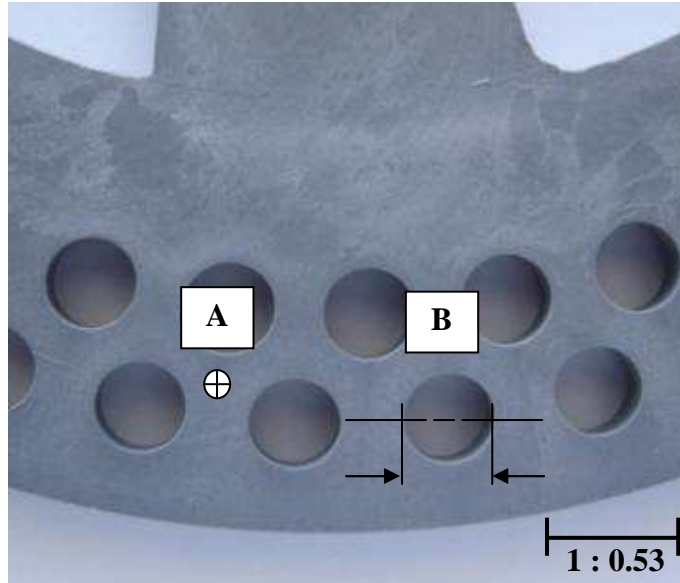


Figura 3.7 – Pontos de medição de parâmetros; (A) medição de espessura; (B) medição de diâmetro.

### 3.5 Resultados e discussão

#### 3.5.1 Variação de espessura do disco de plantio

A variação de espessura do disco de plantio foi medida entre as carreiras de orifícios, pois é o local de maior importância do disco, para que haja uma distribuição eficaz das sementes. Também é a região mais próxima dos orifícios, em ambos os lados. Na Figura 3.8, são apresentadas as imagens com a aparência do disco antes de iniciar o ensaio de desgaste e ao término do teste.

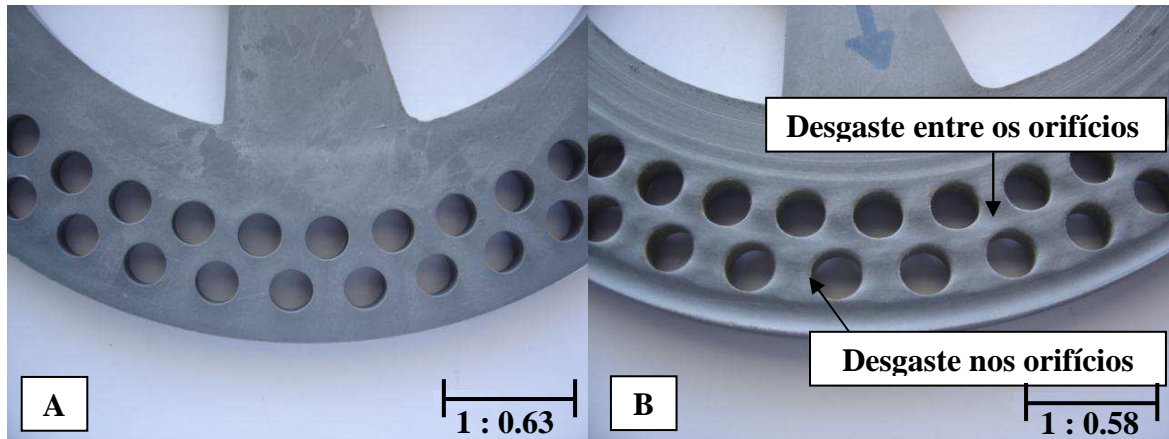


Figura 3.8 – Discos de plantio: (A) disco de teste isento de desgaste no início do teste; (B) disco de teste desgastado após 500 horas.

Ao longo das análises, foram feitos registros fotográficos para demonstração da evolução visual da variação de espessura. Com duzentas horas de ensaio, pode-se visualizar o desgaste nos orifícios, sendo que os mesmos ficaram com as bordas arredondadas. Outra característica evidenciada nas análises foi o aparecimento de um trilho de desgaste localizado na borda lateral. Estas características podem ser visualizadas na Figura 3.9.

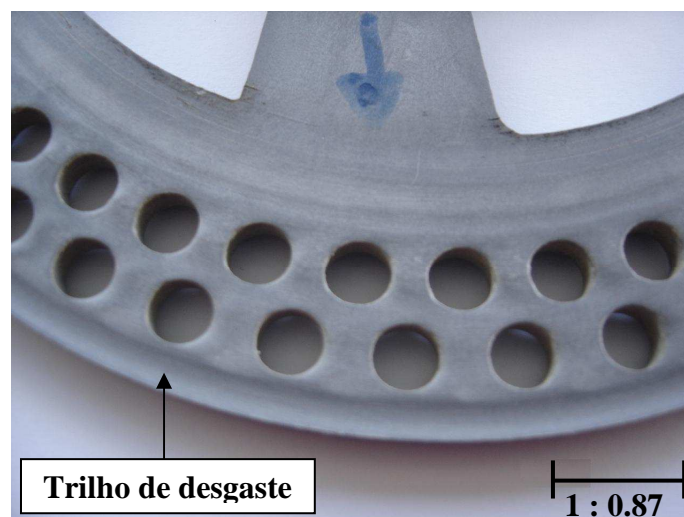


Figura 3.9 – Formação de trilho na borda lateral

A peça foi cortada ao final do ensaio, no sentido longitudinal para melhor visualização do desgaste provocado por abrasão, mostrada na Figura 3.10

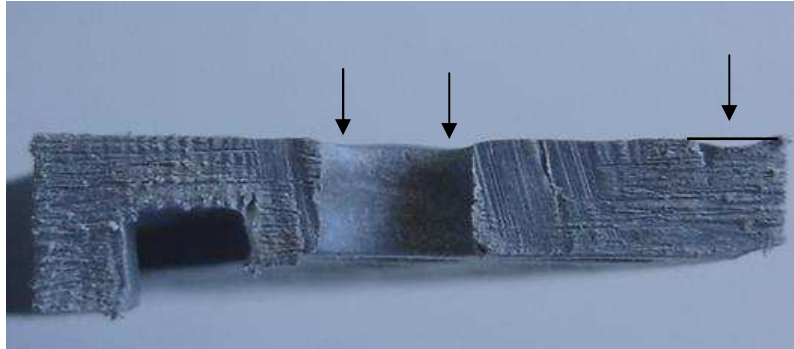


Figura 3.10 – Corte longitudinal do disco

A peça foi deixada por um período de 500 horas em ensaio. O comportamento do desgaste, em relação à espessura é apresentado no gráfico da Figura 3.11.

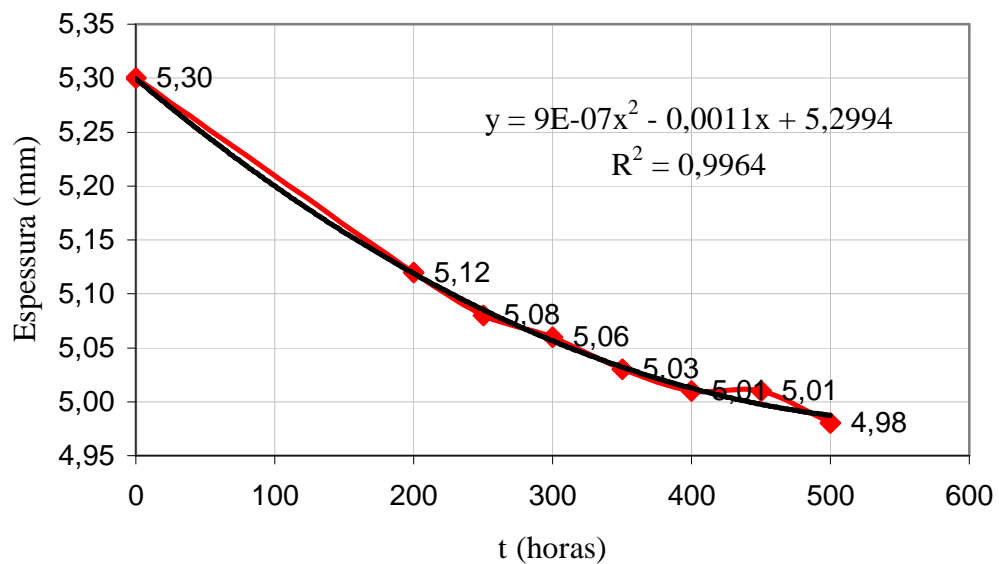


Figura 3.11 – Gráfico do comportamento da variação de espessura

Percebe-se claramente que a variação de espessura possui comportamento polinomial positivo, ou seja, o desgaste é maior nas primeiras horas de utilização, e tende a estabilizar após determinado espaço de tempo.

### 3.5.2 Variação do diâmetro dos orifícios do disco

O comportamento da variação do diâmetro dos orifícios do disco é apresentado na Figura 3.12.

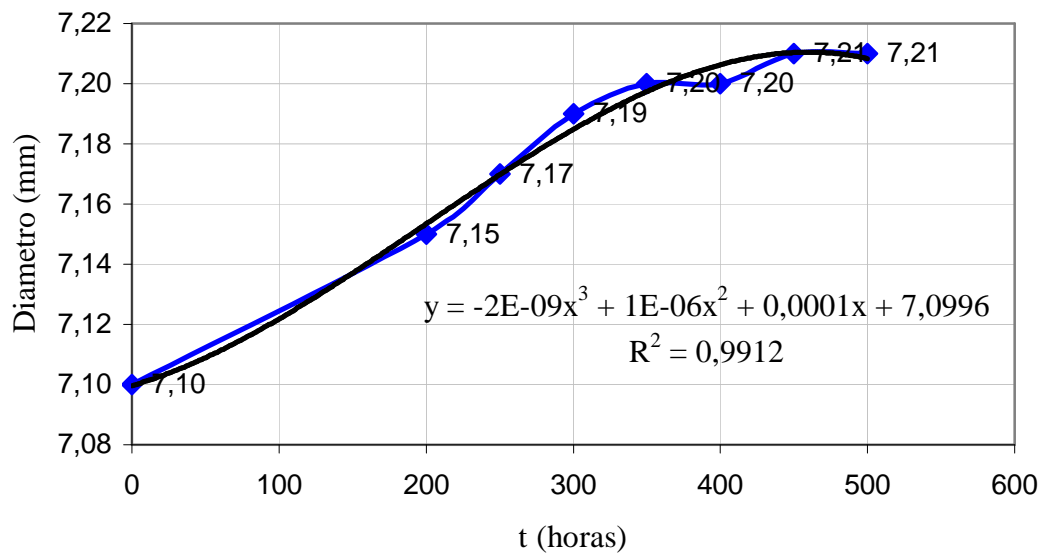


Figura 3.12 – Gráfico do comportamento da variação do diâmetro dos orifícios do disco

A variação do diâmetro dos orifícios do disco apresentou comportamento polinomial negativo, ou seja, o desgaste provocado nos orifícios tende a diminuir, pois o diâmetro aumenta com menor intensidade ao longo do tempo. Esta característica é justificada devido ao aumento da folga entre a semente e o orifício do disco, o que facilita a passagem da semente,

diminuindo assim o desgaste. Agregado a isso, ocorre a redução do contato da semente com as paredes do orifício, o que por consequência, evita o atrito.

### 3.5.3 Variação da massa do disco de plantio

O comportamento da variação da massa do disco é apresentado na Figura 3.13.

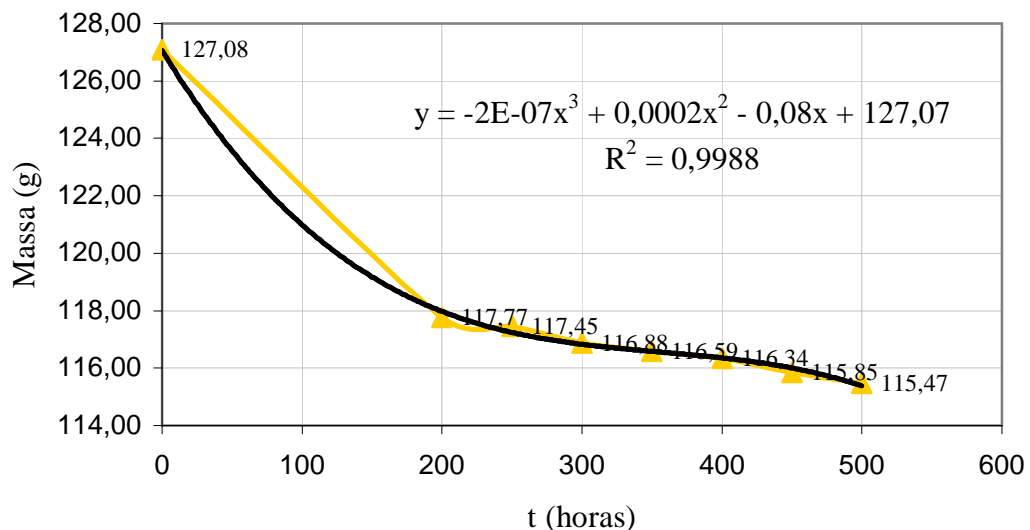


Figura 3.13 – Gráfico do comportamento da variação da massa do disco

A variação da massa possui comportamento polinomial positivo, ou seja, a perda de massa é maior nas primeiras horas de utilização, e tende a estabilizar depois de determinado espaço de tempo. Para esta análise também deve ser levado em consideração o fato de que a variação da massa é afetada pela absorção de água pelo material em estudo, sendo que a quantidade de água que pode ser absorvida não foi dimensionada. O teor de umidade absorvido pode variar de 0,6 a 0,8% em relação a massa da peça. Aliado a isso, ocorreu o aparecimento de um trilho na borda lateral do disco, que não era previsto, e, portanto,



aumentou significativamente a massa perdida. Entretanto, acredita-se que este fato não muda o comportamento polinomial da perda de massa, já que o trilho é paralelo a região de análise.

#### 3.5.4 Avaliação global dos resultados

De acordo com a evolução do ensaio e através das análises realizadas, pode-se perceber que há uma série de comparações, características e fatores que podem ser levados em consideração no que diz respeito aos resultados do desgaste por abrasão. Uma das características apresentadas neste teste foi o aparecimento do trilho na borda lateral do disco e a possível variação de massa, diâmetro e espessura influenciadas pela umidade do ar.

As variações destas características podem ter como causas, os seguintes fatores:

- a) Umidade relativa do ar: sabe-se que o material utilizado na fabricação do disco é higroscópico, ou seja, pode absorver quantidades de água que aumentam suas dimensões em aproximadamente 0,6 a 0,8% a cada 1% de umidade absorvida. Este percentual pode variar devido a adição de carga mineral, que torna o material mais estável. Conseqüentemente, a massa, o diâmetro dos furos e a medida de espessura do disco também pode sofrer variação durante as medições, de acordo com a absorção de água e pelas condições de umidade relativa do ar no dia da coleta de dados.
- b) Pressão de contato: a pressão de contato varia conforme as sementes vão sendo distribuídas, pois no momento do carregamento, a quantidade máxima de sementes alimentada é 25 kg. À medida que o equipamento piloto está em funcionamento, a pressão de contato diminui pela diminuição da massa de sementes sobre o disco, até o esvaziamento reservatório de sementes.
- c) Característica abrasiva da semente: para o teste, utilizou-se as mesmas sementes por diversas rodadas de distribuição, sendo que a rugosidade superficial da semente tende

a diminuir pelo atrito. Como conseqüência, tem-se a diminuição da propriedade abrasiva sobre o disco, e redução do desgaste do material.

- d) Característica do material do disco: o material de fabricação do disco é um polímero, que possui características e aditivos que visam a diminuir o atrito do disco com a semente, proporcionando maior durabilidade, conforme foi visto na parte de revisão bibliográfica.
- e) Velocidade de rotação do disco: este fator tem grande influência sobre a durabilidade do disco, pois desgaste e velocidade de rotação são grandezas diretamente proporcionais.

## CONCLUSÃO

Diante dos objetivos estabelecidos ao iniciar este relatório de estágio, verificou-se a dificuldade com que todas as etapas foram sendo desenvolvidas ao longo do tempo. Diversos foram os obstáculos encontrados desde a fabricação e adaptação do equipamento piloto, até a finalização do ensaio e obtenção de todos os dados necessários para uma boa avaliação.

Em relação aos dados obtidos referentes a espessura do disco, pode-se afirmar que o desgaste é mais intenso nas primeiras horas de utilização, levando-se em consideração que no início do serviço, as sementes estão mais abrasivas. Além disso, a geometria das bordas dos orifícios e da borda do disco contribui para que o atrito seja mais intenso nesta região, pois é composta por cantos vivos, e esta geometria tende a ser atenuada com o atrito.

No que se refere aos dados obtidos sobre a variação do diâmetro dos furos do disco o desgaste provocado nos orifícios tende a diminuir, pois, o diâmetro aumenta com menor intensidade ao longo do tempo. Esta característica é justificada devido ao aumento da folga entre a semente e o orifício do disco, o que facilita a passagem da mesma, diminuindo assim o desgaste. Agregado a isso, ocorre a redução do contato da semente com as paredes do orifício, o que por consequência, reduz o atrito.

Diante dos resultados obtidos sobre a variação da massa do disco, é importante salientar que surgiu uma característica não esperada, e, portanto não dimensionada durante os testes. Esta característica se refere ao aparecimento do trilho na borda externa do disco, que

contribuiu significativamente para o aumento da perda de massa do material. Entretanto, acredita-se que este fato não muda o comportamento polinomial da perda de massa, já que o trilho é paralelo a região de análise.

O diâmetro foi a característica que sofreu menor variação, em um mesmo espaço de tempo, se comparado as variações de espessura e massa. Este comportamento provavelmente se deve ao fato de que quando a semente entra no furo, simplesmente passa por ele, não estando em situação de contato constante.

É importante salientar que o ensaio proposto neste trabalho não reproduz com total fidelidade o desgaste, pois existem diversos fatores que estão presentes no campo, porém não reproduzidos no equipamento piloto. Pode-se citar estes fatores como sendo agentes de contribuição para o desgaste acelerado do disco de plantio. Como exemplos destes agentes, pode-se considerar as impurezas e sujidades presentes no campo, trepidação do sistema por completo, variações de temperatura tanto no disco como no ambiente. Além disso, geralmente o produtor faz o pré-tratamento da semente, aplicando um produto fungicida em todas as sementes, e isto torna o grão mais rugoso.

Para obtenção de resultados mais expressivos sugere-se que sejam executados mais testes, para observar se este comportamento se reproduz em equipamento piloto. Também pode-se avaliar se há variação significativa nos parâmetros propostos neste trabalho com a utilização de sementes de soja tratadas. Numa outra avaliação, pode-se testar velocidades distintas de rotação do disco, dentro dos limites especificados pelas montadoras aos produtores e utilizar outros tipos de sementes, e seus respectivos discos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ALBUQUERQUE, Jorge Arthur Cavalcanti. **Planeta plástico**. 1ª ed., Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 2000.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **Deutsche norm DIN 53516**: Determination of abrasion resistance. Berlin: DIN, 1987.
- DIETRICH, Raul Dorneles. **Análise estrutural de peças injetadas**. Caxias do Sul: Gráfica da UCS, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Plantio direto**: política estímulo. Londrina, 2005. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br>>. Acesso em: 08 set. 2005.
- ENCICLOPEDIA LIVRE – WIKIPEDIA. Apresenta textos sobre soja. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Soja>>. Acesso em: 10 nov. 2005.
- HUTCHINGS, I.M., **Tribology: friction and wear of engineering materials**. Edward Arnold, Great Britain, 273p., 1992
- KRUSCHOV, M.M., BABICHEV, M.A. **Investigations into the wear of metals**. USSR: Academy of Sciences, 1960.
- LEVINSON, I. J. **Introduction to mechanics**. London: Prentice Hall, 1968.

MANO, Eloísa Biasotto. **Introdução a polímeros**. 5ª ed., São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1994.

MANO, Eloísa Biasotto. **Polímeros como materiais de engenharia**. 1ª ed., São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1996.

Maru, Márcia Marie. **Estudo do desgaste e atrito de um par metálico sob deslizamento lubrificado**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

PEPASA – PLÁSTICOS DE ENGENHARIA. **Catálogo de compostos termoplásticos lubrificados internamente**. Santos: [s.n.], [2005].

PEPASA – PLÁSTICOS DE ENGENHARIA. **Ficha técnica do material RML-4306**. Santos: [s.n.], [1999].

RABELLO, Marcelo. **Aditivação de polímeros**. São Paulo: Editora Artliber, 2000.

RABINOWICZ, E. **Friction and wear of materials**. John Wiley e Sons, 1995.

SERBINO, Edison Marcelo. **Um estudo dos mecanismos de desgaste em disco de freio automotivo ventilado de ferro fundido cinzento perlítico com grafita lamelar**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

STARA SFIL. **Manual do operador e catálogo de peças: semeadora adubadora hidráulica SS3200-H**. Ibirubá, 2005, 64 p.

TRINTIN, Claudio Graciano, NETO, Raimundo Pinheiro, BORTOLOTTI, Virindiana Colet. **Demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora para plantio direto, submetida a três velocidades de operação**. Maringá, v.27, n. 1, Jan./Mar. 2005.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE. **Projetos**. Cascavel, 2002. Disponível em <<http://www.unioeste.br>>. Acesso em 08 set. 2005.

## **ANEXO A**

### **DESENHO DO DISPOSITIVO DE TESTE**

## **ANEXO B**

### **VISTA EXPLODIDA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTE**