



ESTUDO PRELIMINAR PARA DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DA PORCENTAGEM DE GRÃOS ATACADOS POR FUNGOS EMBARCADO EM COLHEDORA

Moisés Luiz Lagares Júnior

Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M -
Uberlândia/MG CEP: 38400-902
mllagares@mecanica.ufu.br

Marcos Morais de Sousa

mmsousa@mecanica.ufu.br

Resumo: *Este trabalho apresenta uma metodologia e uma proposta de um sistema de medição para detecção de fungos em grãos embarcado em colhedora. O sistema de medição foi construído com base no princípio capacitivo para detecção de fungos. Dois circuitos foram estudados: circuito ressonante e o circuito com ponte de Wien. Testes com grãos atacados por fungos foram realizados. Uma das conclusões obtidas nos testes foi que o sistema idealizado não foi capaz de identificar a presença de fungos. Porém, mostrou-se promissor no que se refere à medição de umidade.*

Palavras-chave: *fungo, sensor capacitivo, grãos.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem-se destacado internacionalmente como grande produtor e exportador de grãos. Essa posição tem-se firmado a cada ano pela alta competitividade do país nesta área. Todas essas vantagens aliadas ao bom potencial para crescimento da agricultura (principalmente pela disponibilidade de terras cultiváveis) têm atraído grandes empresas de pesquisa de sementes como Monsanto, Syngenta, Bayer, Dow Agrosiences entre outras. Tais empresas necessitam de implementos especiais que atendam às mais diversas tarefas. Pode-se destacar contadores de sementes, plantadoras para plantio de parcelas, debulhadores especiais de grãos e colhedoras de parcelas.

Parcela é uma pequena área plantada (em geral de três a cinco metros) com uma, duas ou quatro linhas de plantas (soja, milho, sorgo e outros). Centenas e até milhares de parcelas são plantadas, cada uma tendo um material genético diferente destinado a estudos. As empresas de pesquisa necessitam, na época da colheita, extrair informações de cada uma destas parcelas de forma rápida e confiável para desenvolverem novos híbridos ou aperfeiçoarem certas características de um grão.

Dentre as informações importantes, destacam-se o peso, a umidade e a porcentagem de grãos atacados por fungos de cada parcela. A princípio, as parcelas eram colhidas manualmente e levadas para o laboratório para análise. Com o constante aumento dos programas de pesquisa (o que elevou o patamar de plantio de centenas para milhares de parcelas), o trabalho manual tornou-se praticamente inviável. A solução é levar o laboratório para o campo realizando a análise de cada parcela no momento da colheita e os dados guardados em memória digital. Todo processo deve ser automatizado e o sistema montado na colhedora. Este sistema já existe para aplicação comercial, porém não conta com o analisador de grãos atacados por fungos. Atualmente, é retirada uma

amostra de cada parcela durante a colheita e, depois de embalada, é levada ao laboratório para análise.

Visando a um sistema capaz de quantificar a porcentagem de grãos atacados por fungos durante a colheita, este trabalho tem por finalidade fazer um estudo exploratório das possibilidades de se desenvolver um sistema de medição determinante da quantidade de grãos ardidos de uma parcela para trabalho de campo.

2. MÉTODOS ATUAIS PARA DETECÇÃO DE FUNGOS

Copeland and McDonald (2001) dividem os métodos para detecção de sementes atacadas por fungos em dois: teste agar e “blotter test”. O primeiro consiste na preparação de um meio de carboidrato preparado a partir de certas espécies de algas marinhas. Como é um meio com poucos nutrientes para o crescimento dos fungos patógenos, geralmente é suplementado com extratos de plantas tais como batata ou frutas e vegetais. Após a preparação das placas de petri com o meio adequado (agar), cerca de dez sementes são depositadas para a incubação e posterior detecção do fungo presente. Já no “blotter tests” as sementes são colocadas em camadas umedecidas de papel filtro e incubadas sob condições que promovem o crescimento dos fungos.

Agarwal and Sinclair (1987) consideram uma divisão mais detalhada dos meios de detecção dos fungos. Dividem os meios em quatro grupos: exame de sementes secas, exame após banho das sementes (“examination after soaking seeds”), teste de lavagem de sementes e métodos incubatórios. O primeiro refere-se basicamente à observação e identificação direta de sementes secas (podendo ter a ajuda de uma lupa). Neste caso, são observados mudanças de cor de sementes, anormalidades morfológicas ou detecção direta da presença do fungo. Ainda dentro deste método, é citado o uso de luz ultravioleta, porém, com resultados não conclusivos. O exame após banho das sementes é útil na detecção de infecções fúngicas que liberam esporos na água. Já o teste de lavagem é usado para detectar fungos que têm seus esporos aderidos na superfície da semente. Apesar de ser um teste rápido, possui aplicação restrita. Finalmente, os métodos incubatórios são, basicamente, os mesmos descritos no parágrafo anterior.

Os métodos descritos acima são clássicos para detecção de fungos em laboratório. Existem vários outros, mas nenhum aplicável para análise em campo (especialmente embarcado em colhedora) visto que, para tal, é fundamental que a análise seja rápida (10 a 30 segundos), com um sistema robusto (que resista a choques mecânicos, umidade, poeira etc) e seja possível de automatização.

Considerando que não se encontrou um método já existente adequado ao nosso objetivo, foi tomado o fungo *Stenocarpella Maydis* (*Diplodia Maydis*), que causa a podridão de espiga, para início do trabalho. Sua escolha se deveu ao fato de que causa um sintoma bastante característico e de fácil detecção, mesmo visual.

Bressan and Figueiredo (2003) descrevem os sintomas causados pelo *Stenocarpella Maydis* como sendo um desenvolvimento micelial esbranquiçado entre os grãos que pode cobrir toda a espiga iniciando-se pela base. Os grãos apresentam cor marrom e as espigas infectadas geralmente apresentam menor peso. A Figura 1 mostra uma espiga atacada por este fungo.

Vincelli (1997) acrescenta que os grãos ficam mais leves e ocorre uma maior quebra de grãos e espigas durante o processo de trilha, resultando em um maior nível de milho quebrado e material estranho.

Visto que os sintomas causam a perda de peso e uma limpeza menos eficiente, pode-se supor que um equipamento capaz de medir o peso do material com uma boa resolução e sensibilidade ou um sistema baseado em resistência elétrica ou capacitiva do meio seriam adequados à determinação indireta de fungos.

A detecção via medição de peso foi descartada de início visto que o equipamento fará parte de uma colhedora. Nestas máquinas, existem várias fontes de vibração que afetariam a estabilidade da balança.

A detecção de fungos via medição indireta, através das características elétricas dos grãos, foi então escolhida para estudo. Como ponto de partida para um instrumento que possa detectar a porcentagem de sementes atacadas por fungos, optou-se pelo sistema capacitivo. Dentre as motivações para escolha deste, destaca-se a facilidade de montagem de um circuito capacitivo e a facilidade de obtenção de componentes.

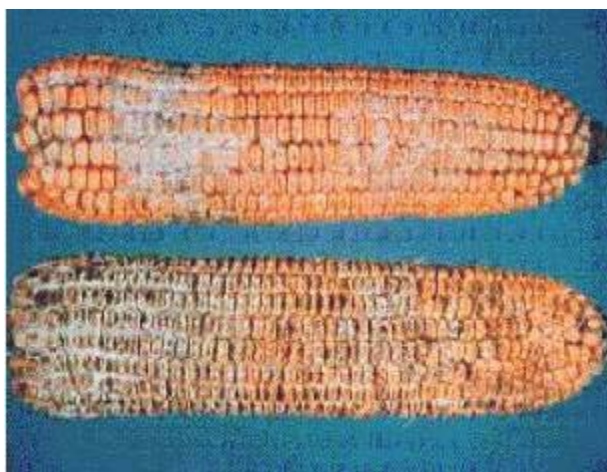


Figura 1: Espiga de Milho Atacada pelo Fungo *Stenocarpella Maydis*

3. CONSTRUÇÃO DO SENSOR CAPACITIVO

3.1. Descrição Básica dos Circuitos Utilizados

Nesta fase inicial, tem-se como único objetivo a procura por um arranjo sensível a uma variação qualquer de porcentagem de grão atacado por fungo de uma amostra. Nesta etapa não se está interessado na determinação da função transferência, características dinâmicas ou estáticas, análise teórica do sistema etc.

Dentre os sistemas capacitivos, optou-se pelo circuito ressonante (com um indutor, um capacitor e um resistor em série, R-L-C) e circuito tipo *ponte de Wien* (capacitor e resistor em série, R-C). Segundo Trietley (1986), os circuitos tipo ponte de Wien operam a baixas frequências sendo mais adequados para altos valores de capacitância. Já os circuitos ressonantes trabalham melhor a altas frequências e, por isso, são melhores na medição de pequenas capacitâncias ou pequenas mudanças de capacitâncias. Como não se conhece nada do comportamento destes circuitos com relação à presença ou não de fungos, os dois foram submetidos a testes.

A Figura 2 ilustra os circuitos estudados. Nos dois circuitos, utilizou-se uma resistência R de 10K Ohms. A fonte de tensão forneceu uma onda senoidal de amplitude nominal 12 volts pico a pico com frequência de 92,5 e 29,5 kHz respectivamente (ver Tabela 1). Em paralelo com o sensor foi adicionado um capacitor variável com o objetivo de se fazer algum ajuste fino de amplitude, caso seja necessário. Para o circuito ressonante, foi colocado um indutor de indutância nominal de 22 nH em série com o resistor R.

3.2. Construção e Configuração do Sensor

Os capacitores caracterizam-se pela existência de duas placas condutoras de eletricidade separadas por um material isolante denominado dielétrico. Como o sensor em questão deve medir a presença de fungos em grãos, tais grãos serão o meio dielétrico. Assim, em tese, a capacitância do sensor irá variar em função da quantidade de grãos atacados por fungos presentes na amostra dentro do sensor (visto que se espera a mudança da constante dielétrica em função da presença de fungos). Desta forma, utilizando esta propriedade, é possível construir o sensor.

A fim de acondicionar os grãos de maneira adequada, foi construído um reservatório cúbico de aço (volume de 1 litro) com uma placa plana de aço inoxidável no seu centro. Foi escolhido o aço

inoxidável devido suas características de alta resistência à corrosão. O reservatório cúbico foi feito de chapa de aço 1020 pintada. Esta placa é isolada do reservatório, pois está apoiada em um suporte de plástico especialmente construído para este fim. Assim tem-se um recipiente com característica capacitiva capaz de receber grãos (dielétrico). A Figura 3 mostra o sensor.

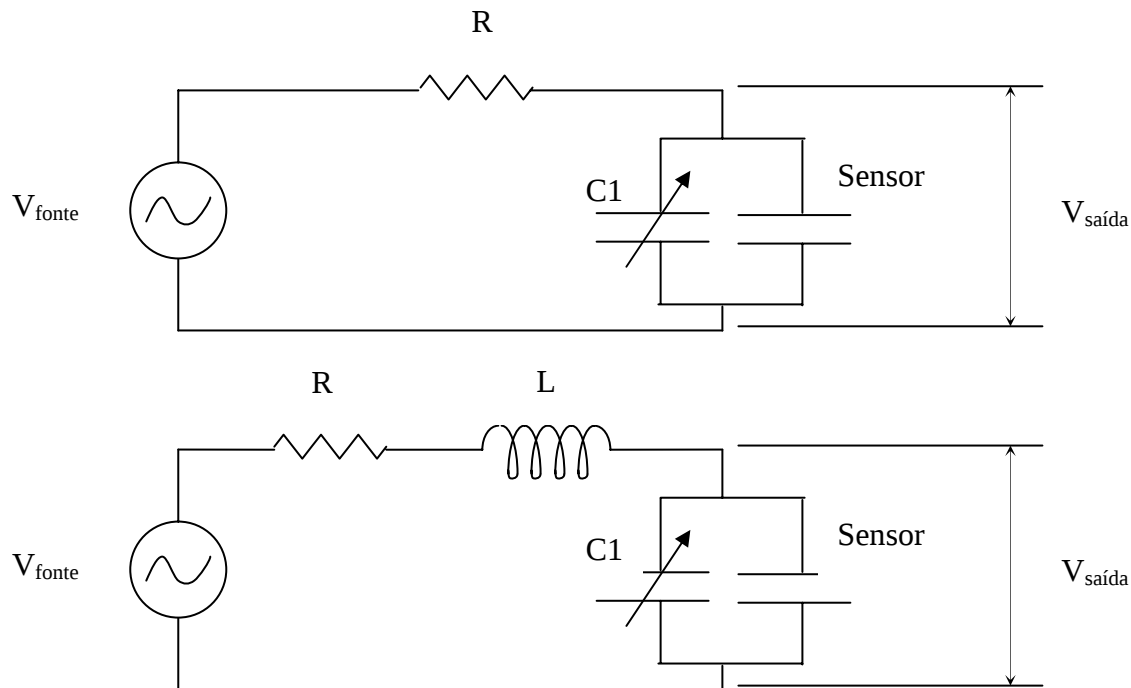


Figura 2: Esquema dos Circuitos Testados: (a) Tipo Ponte de Wien (b) Ressonante



Figura3: Sensor Capacitivo Vazio e Cheio de Grãos

Os ensaios iniciais foram conduzidos para os dois circuitos esquematizados na Figura 2. As configurações de cada circuito estão mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Configurações dos circuitos ressonante e ponte de Wien

	RESSONANTE	PONTE DE WIEN
Frequência aplicada ao circuito, F (kHz)	92,5	29,5
Tensão da fonte pico a pico, V_{fonte} (V)	12,2	12,2
Tensão de saída pico a pico com o sensor vazio, V_{vazio} (V)	19,4	12,1

A frequência aplicada ao circuito ressonante (92,5 kHz) foi escolhida em função do valor que leva o sistema a entrar em ressonância. Para tanto, a frequência foi elevada até que o valor da tensão de saída do sensor vazio atingisse o valor máximo (19,4 V). Já para o circuito tipo ponte de Wien, a frequência foi elevada até que o nível de tensão de saída do sensor vazio começasse a cair. Isto acontece pois a montagem do circuito configura um filtro do tipo passa-baixa.

3.3. Definição das Amostras de Teste

Duas amostras de milho foram utilizadas para os primeiros testes. Estas amostras foram extraídas de uma população de sementes comerciais compradas em loja especializada. As sementes não eram tratadas nem selecionadas o que permitiu o fornecimento de uma parte de grãos atacados por fungos. Lembrando, sementes certificadas para o plantio oferecem apenas grãos sadios e tratados com pesticidas, o que não atendia às necessidades deste experimento.

Desta população, foram separadas manualmente, uma a uma, as sementes sadias das sementes atacadas por fungos. O critério de escolha foi puramente visual considerando que nesta etapa do estudo o objetivo é apenas encontrar um sistema capaz de distinguir uma amostra de grãos ardidos de uma sadia. Cerca de pouco mais de um litro de grãos de milho de cada amostra foi separado de modo que foi obtida uma amostra com grãos totalmente sadios e uma segunda amostra com 14% em peso de grãos atacados por fungos. A Figura 4 mostra a aparência das duas amostras. Notar a presença dos grãos ardidos na segunda amostra.



Figura 4: Amostra de Grãos Sadios (esquerda) e Amostra de 14% em Peso de Grãos Ardidos (direita)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira tentativa de mensuração foi realizada procedendo-se a leitura de tensão de saída ($V_{saída}$) do sensor para as amostras acima descritas. Nenhuma diferença de tensão foi detectada (16,6 V para as duas amostras), o que indicou que tais circuitos não eram sensíveis aos grãos atacados por fungos.

Apesar de ser um resultado não esperado, visto que os dielétricos (amostras) eram diferentes, o mesmo ensaio foi realizado com as amostras umidificadas. O intuito era descobrir se o comportamento anterior mantinha-se para umidades mais altas.

Para tanto, as duas amostras foram submetidas a um banho com água durante 24 horas. Isto garante que os grãos absorverão grande quantidade de água visto que são corpos higroscópicos. Feito isto, as amostras foram retiradas da água e expostas ao sol até que a água externa secasse. Novamente foram submetidas ao sensor capacitivo (circuito ressonante) tendo como resultados os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de $V_{saída}$ para o circuito ressonante

	Sadio (V)	Ardido a 14 % (V)
1ª medida	1,32	0,71
2ª medida	1,35	0,85
3ª medida	1,45	0,85

Observa-se uma nítida diferença de leitura do grão sadio para o ardido. Para confirmar se estes valores eram resultados da presença de fungos e não uma simples diferença de umidade, um medidor de umidade comercial (marca Dickey-John) foi utilizado para verificar se as duas amostras estavam no mesmo nível de umidade. A amostra com 14% de grão ardido apresentou-se levemente mais úmida.

Para igualar sua umidade com a dos grãos sadios, aquela foi exposta ao sol novamente. De quinze em quinze minutos sua umidade foi medida no medidor Dickey-John até que se igualasse a da outra amostra. Terminado este procedimento, foram realizadas dez medidas consecutivas de umidade nas duas amostras sendo obtido os seguintes valores (Tabela 3):

Tabela 3: Umidade (%) das amostras após secagem ao sol de 15 em 15 minutos.

Sadio	33,7	33,6	31,6	34,8	35,1	33,6	34,9	33,7	33,1	32,0
Ardido (14 % em peso)	33,3	34,6	34,5	33,9	34,4	33,5	34,6	35,3	34,6	35,9

Média Amostra Sadia: 33,6

Desvio Padrão Amostra Sadia: 1,1

Média Amostra 14%: 34,5

Desvio Padrão Amostra 14%: 0,8

Mesmo os valores médios apresentando uma diferença de aproximadamente 1%, considerou-se que estavam com a mesma umidade pois o controle rígido deste parâmetro é muito difícil. Diante deste fato, novos ensaios com o sensor capacitivo foram executados e os resultados mostrados na Tabela 4.

De acordo com a Tabela 4, existe uma diferença de 164mV entre as amostras para o circuito ressonante e de 156mV para o circuito tipo ponte de Wien. Apesar de serem resultados animadores, ainda resta a dúvida: Esta diferença corresponde a uma possível sensibilidade do sensor para com a presença de fungos ou ainda é efeito da pequena variação de umidade constatada nos resultados da Tabela 3? Caso a resposta certa seja a leitura de presença de fungos, ainda resta um problema: O sensor está fazendo a leitura de presença de fungos somente para alta umidade o que restringe seu uso no campo.

Ainda foi feita uma rápida tentativa de se observar a sensibilidade do sensor para a presença de fungos. Construiu-se um sensor de menor volume como mostrado na Figura 5. Desta forma, foi

possível separar duas amostras; uma com 100% de grãos sadios e uma com 100% de grãos ardidos. Os grãos foram submetidos ao sensor com os dois tipos de circuitos elétricos (ponte de Wien e ressonante) a uma umidade de 10%. Novamente não se obteve distinção das duas amostras através do novo sensor.

Tabela 4: Ensaios com as amostras (sadia e ardida) a aproximadamente 34% de umidade

ENSAIO	RESSONANTE		PONTE DE WIEN	
	SADIO	14%	SADIO	14%
01	2,329	2,235	3,906	3,672
02	2,454	2,172	3,906	3,672
03	2,360	2,235	3,906	3,828
04	2,422	2,266	3,828	3,750
Média	2,391	2,227	3,887	3,731
Desvio Padrão	0,057	0,039	0,039	0,075



Figura 5: Sensor Capacitivo para 100% de Grão Ardido

5. CONCLUSÕES

Do exposto pode-se inferir que:

1. O sensor capacitivo construído não se mostrou capaz para a detecção de fungos;
2. O sensor capacitivo mostrou-se muito sensível para a detecção de umidade.

6. TRABALHOS FUTUROS

Este estudo preliminar motivou o início de novo trabalho relacionado à medição de umidade nos mesmos moldes e objetivos deste. Isto é possível visto que os medidores de umidade atuais destinados a tal emprego são importados. Desta forma, espera-se ao final dos estudos um projeto adequado de um medidor de umidade desenvolvido especialmente para as condições brasileiras.

7. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- Agarwal, V. K. and Sinclair J. B., 1987, “Principles of seed pathology”, CRC Press, vol. II, 168 pp.
- Bressan W. and Figueiredo J. E. F., 2003, “Potencial de isolados de *Streptomyces spp.* no controle de *Stenocarpella maydis* em sementes de milho”, Embrapa Milho e Sorgo – cnpm, Comunicado Técnico 61, 04 pp.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B., 2001, “Principles of seed science and technology”, Kluwer Academic Publishers, 4 ed, 467 pp
- Trietley, H. L., “Transducers in Mechanical and Electronic Design”, Marcel Dekker Inc., 374 pp.
- Vincelli, P., 1997, “Ear rot of corn caused by *Stenocarpella Maydis (Diplodia Maydis)*”, Cooperative Extension Service, University of Kentucky, College of Agriculture, 04 pp.

PRELIMINARY STUDY TO DEVELOPMENT OF A PERCENTAGE GRAIN FUNGAL ATTACKED MEASUREMENT SYSTEM BOARDED ON HARVEST MACHINE

Moisés Luiz Lagares Júnior

Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M -
Uberlândia/MG CEP: 38400-902
mllagares@mecanica.ufu.br

Marcos Morais de Sousa

mmsousa@mecanica.ufu.br

Abstract: *This paper presents a methodology and a proposal of a percentage grain fungal attacked measurement system boarded on harvest machine. The measurement system was constructed on the basis of the capacitive principle for fungal detections. Two circuits had been studied: resonant circuit and Wien bridge circuit. Tests with fungal grains attacked had been carried through. One of the conclusions gotten in the tests was that the idealized system was not capable to identify the fungi presence. However, one revealed promising in moisture measurement.*

Keywords: *fungal, capacitive sensor, grain.*