

**RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA UTILIZAÇÃO  
DO SIARCS 3.0 NOS ESTUDOS DE RAÍZES,  
COBERTURA VEGETAL, FOLHAS E OUTRAS APLICAÇÕES**

Lúcio André de Castro Jorge

Silvio Crestana



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária*

*Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

*Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP*

*Telefone: (016) 274 2477 - Fax: (016) 272 5958*

***RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA UTILIZAÇÃO DO  
SIARCS NA ANÁLISE DE IMAGENS DE RAÍZES, DE COBER-  
TURA VEGETAL, DE FOLHAS E OUTRAS APLICAÇÕES.***

***Lúcio André de Castro Jorge  
Silvio Crestana***

### ***AGRADECIMENTOS***

Agradecemos a todos que direta ou indiretamente colaboraram na elaboração deste trabalho, em especial à ELISA TOMIOKA, pela preciosa colaboração no desenvolvimento desta ferramenta e à FAPESP, pelo apoio financeiro no processo nº 95/0932-0.

## **SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 ANÁLISE DE RAÍZES .....</b>	<b>4</b>
2.1 ABERTURA DA IMAGEM E SELEÇÃO DA ÁREA A SER AVALIADA .....	4
2.2 SEGMENTAÇÃO DAS RAÍZES .....	5
3.3 ANÁLISE .....	11
<b>3 ANÁLISE DE COBERTURA VEGETAL .....</b>	<b>14</b>
3.1 ABERTURA DA IMAGEM E SELEÇÃO DA ÁREA A SER AVALIADA .....	14
3.2 SEGMENTAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL OU DE PALHA .....	15
3.3 ANÁLISE .....	17
<b>4 ANÁLISE DE FOLHAS .....</b>	<b>18</b>
4.1 ABERTURA DA IMAGEM E SELEÇÃO DA ÁREA A SER AVALIADA .....	18
4.2 SEGMENTAÇÃO DA FOLHA, PRAGAS OU DOENÇAS .....	18
4.3 ANÁLISE .....	20
<b>5 OUTRAS APLICAÇÕES .....</b>	<b>21</b>

## Introdução

A motivação ao estudo de técnicas de processamento e análise de imagens aplicadas à pesquisa agropecuária, tais como: estudos de raízes, morfologia do solo, doenças foliares, dentre outras, surge da possibilidade de obtenção de informações complementares às técnicas experimentais convencionais, de tempo e custos muito elevados, permitindo o desenvolvimento de ferramentas mais precisas, rápidas e a um custo reduzido.

O processamento digital de imagens se destaca como uma das áreas de maior desenvolvimento e significância na resolução de diversos problemas em engenharia, medicina, botânica, geografia ou mesmo na agropecuária, seja no melhoramento de imagens ou na medição e análise de grandezas relevantes nos respectivos campos de estudo.

Com o objetivo de auxiliar no estudo de raízes, cobertura vegetal, porosidade do solo, área e doenças foliares, dentre outras, foi desenvolvido pela EMBRAPA-CNPDI o Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo - SIARCS, que se utiliza de processamento e análise de imagens digitais. Na utilização desse sistema, vários cuidados devem ser tomados quanto à análise das imagens para que se consiga precisão e uma boa interpretação dos dados. Assim, com esse objetivo serão apresentados os passos necessários à análise das imagens com a versão SIARCS 3.0 para ambiente Windows.

Muitos dos comandos e tratamentos das imagens no SIARCS 3.0 são os mesmos para todas as aplicações. Sendo assim, serão apresentadas as ferramentas segundo a aplicação, ressaltando-se as particularidades de cada uma.

## **Análise de Raízes**

A análise de raízes pelo SIARCS 3.0 é feita levando-se em conta o tipo de aquisição, ou seja, se são raízes em um perfil de solo ou se são provenientes de amostras lavadas. Para imagens de um perfil de solo, deve-se abrir a imagem de cada uma das quadrículas, selecionar a área de interesse, e proceder o processo de segmentação, através do qual se consegue fazer a separação das raízes do resto da imagem, gerando uma imagem binária. Posteriormente, faz-se a análise da área ocupada por raízes. Na avaliação do comprimento total das raízes, principalmente para as amostras lavadas, efetua-se também a operação de afinamento, após a binarização.

### ***Abertura da imagem e seleção da área a ser avaliada***

Através do comando *Abrir* no Menu Arquivo (Figura 1) pode-se abrir a imagem digital armazenada nos formatos BMP e PCX.

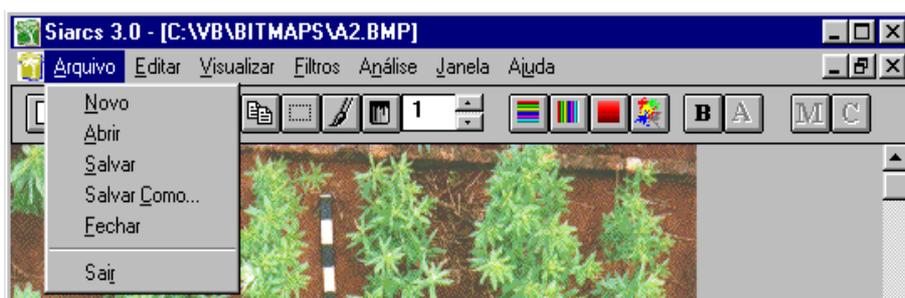


Figura 1: Menu Arquivo do SIARCS 3.0

Posteriormente, principalmente para imagens de perfis de solo, deve-se selecionar a área exata da quadrícula para que seja

efetuada a análise. Assim, pode-se selecionar a área de interesse através do comando *Selecionar Área* do Menu Editar (Figura 2), retirando-se as bordas nas quais se encontram as plaquetas de identificação da quadrícula.

Quando não for possível selecionar apenas a área interna da quadrícula, deve-se utilizar o lápis para apagar o barbante que demarca a quadrícula, caso este apresente cor similar à das raízes. Para tanto, utiliza-se o comando *Pintar e Cor Pincel* no Menu Editar.

Em raízes lavadas, pode-se selecionar a área sem as bordas da bandeja ou recipiente onde as amostras de raízes ficam submersas em água.



Figura 2: Menu Editar

### ***Segmentação das raízes***

Segmentação é o processo de separação das raízes do restante da imagem. Para raízes lavadas, a segmentação é bastante simples, devendo-se apenas efetuar a eliminação de sombras provenientes da aquisição. Em geral, as imagens de raízes lavadas são digitalizadas em tons de cinza, facilitando, assim, o processo de segmentação. Para raízes em perfis de solo, a presença de solo, palha e outros detritos pode dificultar o

processo de segmentação, principalmente porque essas imagens geralmente são coloridas.

Em ambos os casos, a segmentação é feita seguindo-se os seguintes passos: filtro "threshold", retoques na imagem e binarização.

O filtro "threshold", disponível no Menu Filtros (Figura 3), possibilita demarcar as raízes através da seleção das cores correspondentes às mesmas diretamente na tabela de cores da imagem. Essa seleção pode ser feita utilizando-se quatro formas diferentes, conforme apresenta-se na opção "Threshold" do menu da Figura 3. A forma utilizada de seleção de cores está diretamente ligada ao número de tonalidades de cores distintas na imagem. Em geral, faz-se um teste preliminar com cada um dos modos de seleção, identificando qual o que melhor agrupa as cores que se deseja selecionar, facilitando, assim, o processo.



Figura 3: Comandos de Seleção de Cores - Threshold, no Menu Filtro

A seleção em linhas, também executada pelo ícone , permite fazer a seleção das cores diretamente sobre a tabela de cores, através da ordenação das mesmas segundo linhas horizontais, partindo da mais escura para a mais clara (Figura 4).

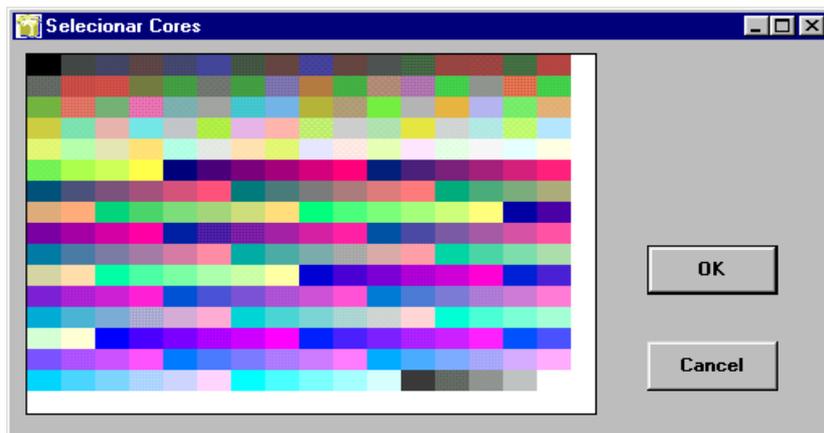


Figura 4: Tabela de cores da Imagem - cores em linha

A seleção em colunas, também executada pelo ícone , permite que se faça a seleção das cores diretamente sobre a tabela de cores da imagem. A mesma tabela de cores da figura 4 aparece agora disposta segundo colunas verticais (Figura 5).



Figura 4: Tabela de cores da Imagem - cores em linha

A seleção em colunas, também executada pelo ícone , permite que se faça a seleção das cores diretamente sobre a tabela de cores da imagem. A mesma tabela de cores da figura 4 aparece agora disposta segundo colunas verticais (Figura 5).

A seleção ordenada, também executada pelo ícone , também permite que se faça a seleção das cores diretamente sobre a tabela de cores da imagem. A tabela de cores aparece disposta segundo a ordenação do modelo de cores HSV (Figura 6). Esse modelo agrupa as cores segundo as diferentes tonalidades, aproximando-se mais do modelo de interpretação de cores da visão humana.

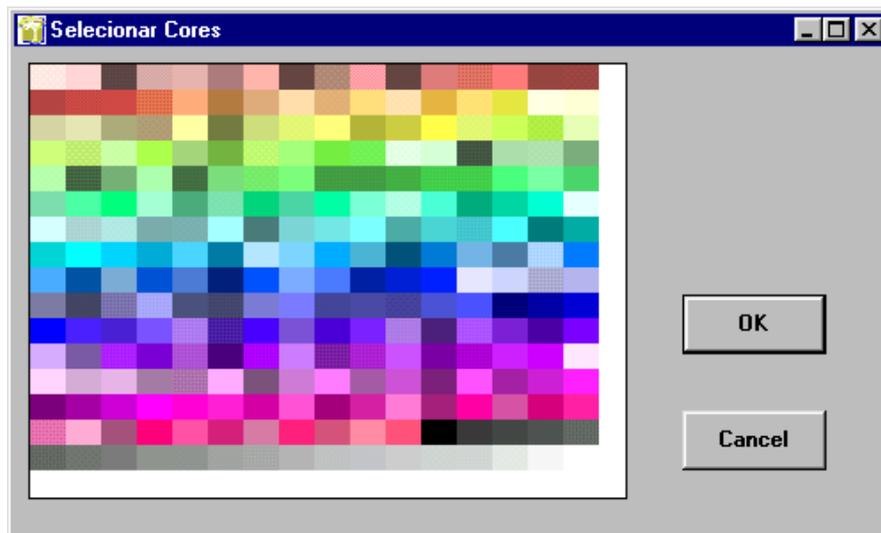


Figura 6: Tabela de Cores da Imagem - Cores Ordenadas HSV

Por último encontra-se a seleção na imagem, executada através do ícone . Permite que se selecione as cores diretamente sobre a imagem. As cores selecionadas também aparecerão marcadas na tabela de cores.

Em todos os casos de seleção mencionados, utiliza-se a tabela de cores padrão da Figura 7, através da qual é feita a escolha da cor para visualizar o resultado sobre a imagem.



Figura 7: Tabela de cores padrão

Quando a seleção através do filtro “threshold” não é suficiente para marcar todas as raízes presentes na imagem, utilizam-se os recursos de pintura para retocar a imagem com o pincel, conforme os comandos *Pintar e Cor Pincel*, do Menu Editar (Figura 2).

Uma vez identificadas todas as raízes, utiliza-se o comando *Binarização* no Menu Filtros (Figura 3). Com esse comando os pixels da imagem que foram marcados representando raízes ficarão em preto e os demais em branco.

A Figura 8 apresenta um exemplo de uma imagem de raízes em perfil de solo. Neste, têm-se a imagem original do perfil e as imagens da área da quadrícula, com as raízes demarcadas e depois de binarizada.



Figura 8: Imagem de raízes em perfil de solo, seleção do quadro de interesse, seleção das raízes e imagem binária.

A Figura 9 apresenta um exemplo para uma imagem de raízes lavadas, com a seleção das raízes e posterior binarização e afinamento. Quando se deseja saber o comprimento total de raízes presentes na imagem, deve-se proceder o afinamento com o comando *Afinamento*, no Menu Filtros (Figura 3) ou através do ícone . Com esse comando, todas as raízes serão afinadas, resultando apenas no seu esqueleto.

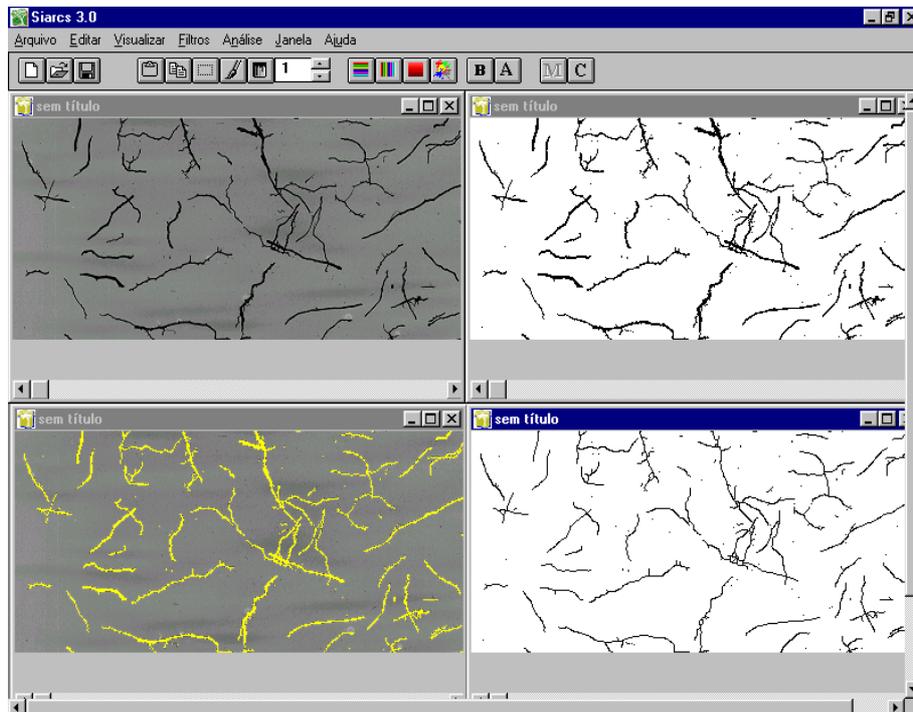


Figura 9: Imagem de raízes lavadas, seleção das raízes, imagem binária e afinada

### **Análise**

Uma vez obtida a imagem binária, pode-se efetuar a análise. Esta pode ser feita em unidade de medida padrão, colocando-se a dimensão real através da definição de uma escala, conforme comando *Escala*, no Menu Análise (Figura 10). Também permite a avaliação em porcentagem ou pixels. A definição de escala pode ser feita utilizando-se a própria dimensão da quadrícula, quando usadas imagens de perfis de solo. Caso contrário, a própria borda da bandeja utilizada nas amostras lavadas submersas em água, ou através de uma referência digitalizada junto com as raízes. Com a janela de definição da escala (Figura 11) seleciona-se a unidade desejada.



Figura 10: Menu Análise

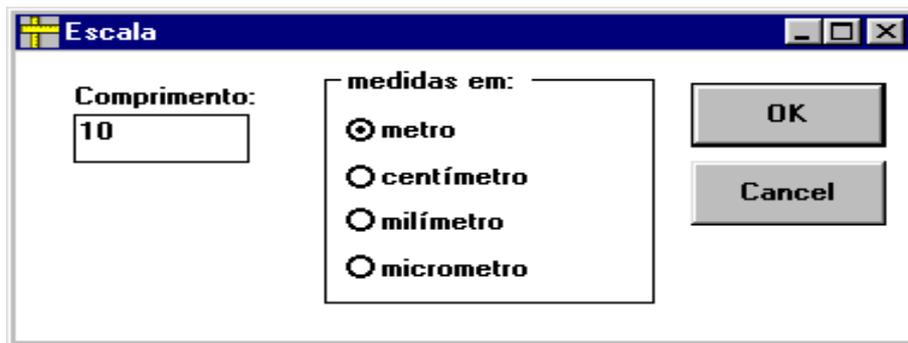


Figura 11: Caixa de Diálogo para Escala

Posteriormente, através da janela contagem (Figura 12), pode-se verificar o resultado da análise. O resultado com a imagem binária é o valor de área ocupada por raízes naquela imagem. Para perfis, pode-se utilizar os recursos de subdivisão dos resultados da análise da imagem em colunas e linhas, permitindo, assim, a separação ou avaliação dos dados por camadas de solo.

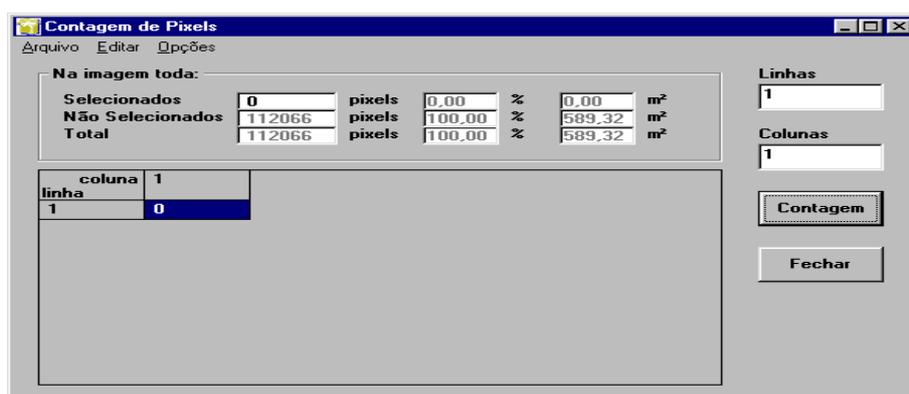


Figura 12: Contagem de Pixels

O comprimento total, que aparece na janela de contagem, é disponibilizado quando efetuada a operação de afinamento.

Todos os dados da tabela de resultados apresentada na janela *Contagem de Pixels* podem ser armazenados no formato TXT. Com esse formato, pode-se abrir as tabelas em outros aplicativos disponíveis no ambiente Windows e gerar gráficos de saída. Outra opção é a operação de cópia da tabela para a Área de Transferência do Windows ("Clipboard"). Com isso, pode-se exportar os dados para planilhas em ambiente Windows, porém sem salvá-las. A partir dessas planilhas, pode-se apresentar os resultados como desejado.

## **Análise de Cobertura Vegetal**

A análise de cobertura vegetal através do SIARCS 3.0 é feita abrindo-se a imagem de cada uma das áreas filmadas ou fotografadas; selecionando-se uma subárea de interesse; procedendo-se à segmentação, através da qual se consegue fazer a separação das plantas ou da palha do resto da imagem, e gerando a imagem binária. Posteriormente, faz-se a análise da área ocupada. A avaliação de palha, é a mesma, apenas segmentando a palha ao invés das plantas.

### ***Abertura da imagem e seleção da área a ser avaliada***

Com o comando *Abrir*, no Menu Arquivo (Figura 1), pode-se abrir uma imagem para análise.

Quando a imagem de cobertura tiver sido obtida a uma pequena distância, deve-se selecionar a área central da mesma para que seja efetuada a análise, evitando-se maiores distorções. Seleciona-se a área de interesse através do comando *Selecionar Área* do Menu Editar (Figura 2). Nesse caso, torna-se necessário demarcar uma área padrão através de uma moldura colocada como referência durante a aquisição. Essa moldura é retirada da imagem antes da análise, quando ela interferir na seleção da cobertura. Isso é efetuado com o auxílio do lápis disponível no comando *Pintar*, do Menu Editar (Figura 2). Também pode ser executado através do ícone , comando este que habilita o mouse para operar como um lápis, possibilitando assim que se façam retoques na imagem, alterando a cor dos pixels. A espessura básica do lápis é 1 pixel. Para alterar a espessura, utiliza-se a ferramenta de acesso rápido , na barra de ferramentas (Figura 13) logo abaixo do menu principal.



Uma vez identificadas todas as plantas ou palhas, utiliza-se o comando *Binarização*, no Menu Filtros (Figura 3), também disponível pelo ícone **B**. Com esse comando, os pixels da imagem, que foram marcados representando cobertura, ficarão em preto e os demais em branco.

Na Figura 14 é apresentada uma imagem de cobertura com a área demarcada, a sua seleção, identificação das raízes e posterior binarização.

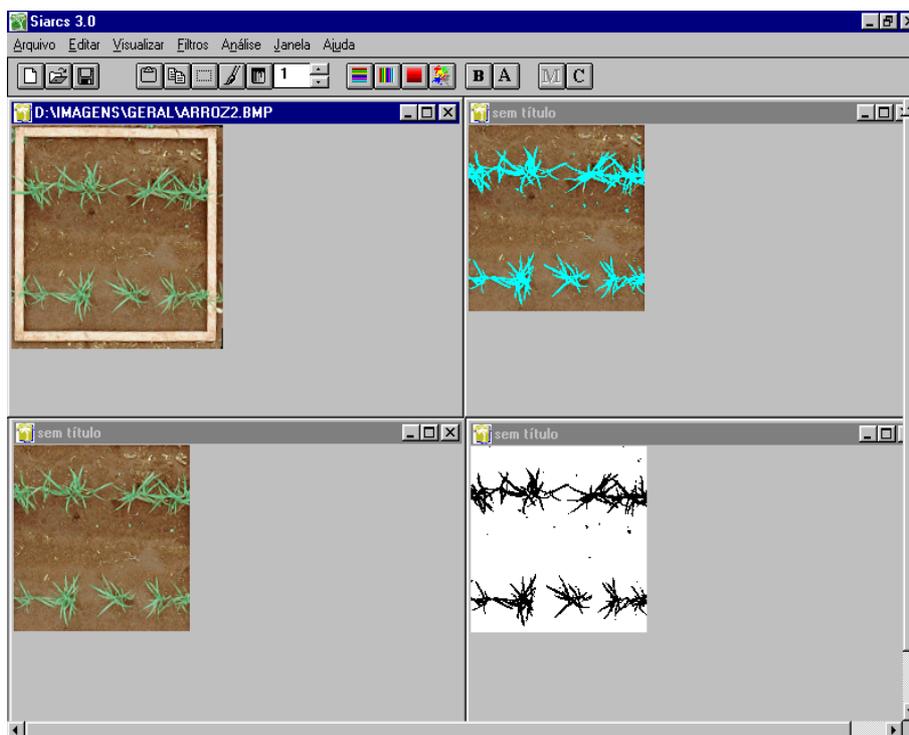


Figura 14: Imagem de cobertura com a área demarcada, a sua seleção, identificação das raízes e posterior binarização.

## ***Análise***

Uma vez tendo a imagem binária, pode-se efetuar a análise. Esta pode ser feita em unidade de medida padrão, colocando-se a dimensão real através da definição de uma escala, conforme comando *Escala*, no Menu Análise (Figura 10). Também permite a avaliação em porcentagem ou pixels. A definição de escala pode ser feita utilizando-se a própria dimensão do quadro usado como referência ou de uma régua de tamanho conhecido.

Posteriormente, através da janela de contagem (Figura 12), também obtida através do ícone  , pode-se verificar o resultado da análise. O resultado com a imagem binária é o valor de área ocupada por cobertura na imagem.

## **Análise de Folhas**

A análise de folhas através do SIARCS 3.0 pode ser feita dividindo-se a análise em três etapas: determinação da área da folha, determinação de doenças e de pragas. Para tanto, abre-se a imagem de cada uma das folhas ou de um conjunto de folhas; seleciona-se a folha de interesse; procede-se à segmentação, através do qual se consegue fazer a separação da folha, de doenças ou pragas do resto da imagem, gerando a imagem binária. Posteriormente, faz-se a análise da área ocupada.

### ***Abertura da imagem e seleção da área a ser avaliada***

Através do Menu Arquivo (Figura 1), pode-se abrir uma imagem para proceder à análise através do comando *Abrir*, no Menu Arquivo.

Posteriormente, para imagens de um conjunto de folhas, deve-se selecionar a folha na qual será efetuada a análise. Assim, pode-se fazer a seleção através do comando *Selecionar Área*, do Menu Editar (Figura 2) ou pelo ícone .

### ***Segmentação da folha, pragas ou doenças***

O processo de segmentação é o processo de separação da área de interesse do restante da imagem. Neste caso, o processo de segmentação nas diferentes condições de ataque de pragas nas folhas e de coloração das mesmas pode requerer mais tempo e cuidados.

Em ambos os casos, a segmentação é feita seguindo-se os mesmos passos utilizados para raízes: filtro "threshold", retoques na imagem e binarização.

O filtro "threshold", disponível no Menu Filtro, possibilita a seleção da área da folha através da seleção das cores correspondentes às mesmas, diretamente na tabela de cores da imagem. Essa seleção pode ser feita utilizando-se quatro formas diferentes, conforme já descrito. Em geral, neste caso as formas mais utilizadas de seleção de cores são a *Seleção Ordenada* e a *Seleção na Imagem*, no Menu Filtros.

Quando a seleção através do filtro "threshold" é insuficiente para marcar todas as doenças, pragas ou mesmo a folha, utilizam-se os recursos de pintura para retocar a imagem com o pincel, conforme comandos *Pintar* e *Cor Pincel*, do Menu Editar.

Uma vez identificadas todas as áreas de interesse da folha, utiliza-se o comando *Binarização*, no Menu Filtros. Com este comando, os pixels da imagem que foram marcados ficarão em preto e os demais em branco.

Na Figura 15 são apresentadas uma folha com ataque de pragas e a quantificação das pragas através de sua binarização.

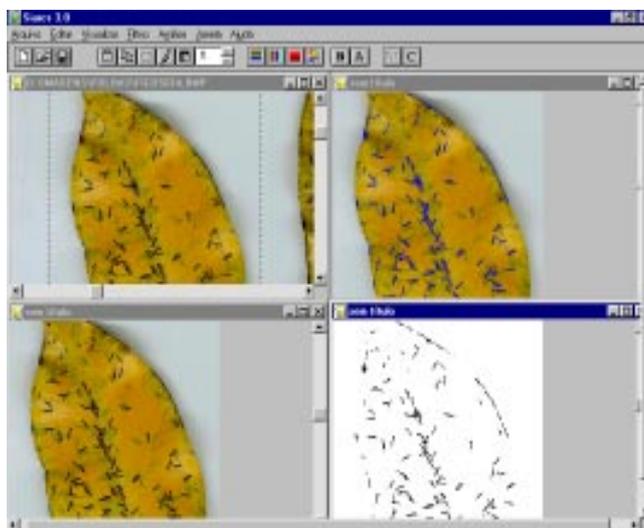


Figura 15: Folha com ataque de pragas, sua seleção e binarização.

### ***Análise***

Após obter a imagem binária, pode-se efetuar a análise. Esta pode ser feita em unidades de medida na dimensão real através da definição de uma escala, conforme comando *Escala*, no Menu Análise, ou em porcentagem ou pixels. A definição de escala pode ser feita utilizando-se uma régua de tamanho conhecido ou mesmo uma dimensão conhecida da folha.

Posteriormente, através da janela de contagem (Figura 12) pode-se verificar o resultado da análise. O resultado com a imagem binária é o valor de área ocupada pela folha, ou mesmo por pragas e doenças, naquela imagem.

## **Outras Aplicações**

Vários outros estudos podem ser feitos através do SIARCS 3.0, utilizando-se todos os passos descritos anteriormente.

Trata-se de uma ferramenta básica de processamento e análise de imagens digitais, com uma interface bastante simples e fácil de ser utilizada.

O SIARCS também foi utilizado no estudo de porosidade do solo, na avaliação da distribuição de gotas provenientes de aspersores em sistemas de irrigação, na avaliação de sementes e no auxílio do pareamento cromossômico.

No estudo de porosidade, pode-se fazer a avaliação da porosidade total, fissural e de agregados presentes numa amostra de uma lâmina delgada. No estudo de gotas calcula-se a distribuição de gotas presentes nos papéis-filtro, ou hidro-sensíveis, como os fornecidos pela Ciba-Geigy® e utilizados como marcadores para as gotas. No estudo de sementes, pode-se avaliar as características das sementes quanto a forma e tamanho. Finalmente no pareamento de cromossomos, pode-se utilizar os parâmetros de tamanho dos braços cromossômicos e área para o pareamento. Todos esses seguem a mesma estrutura, ou seja, abertura da imagem e seleção da área da mesma a ser avaliada, segmentação do objeto e a sua própria análise.

Outras ferramentas estão sendo desenvolvidas para serem incorporadas ao mesmo, como a análise fractal, cálculo de momentos e filtragens das imagens. Com isso outras aplicações poderão ser viabilizadas neste aplicativo.