

Capítulo 8

Desenvolvimento da Ferramenta de Auxílio ao Diagnóstico Médico

Está em desenvolvimento, dentro do Grupo de Visão Computacional do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP, uma Ferramenta Gráfica Computacional para auxílio ao diagnóstico médico. Essa ferramenta tem como principal motivo oferecer um suporte para o médico, enfermeira ou fisioterapeuta no auxílio ao diagnóstico e acompanhamento da lesão, permitindo um retorno das condições de tratamento da patologia. Isso pode fornecer ao paciente uma motivação para continuar seu tratamento.

Nossa contribuição, através desta dissertação, está no desenvolvimento inicial desta Ferramenta, com a aplicação das características de Haralick em texturas nas imagens.

8.1. Necessidade da Ferramenta Gráfica

A motivação para o desenvolvimento foi dar um melhor suporte aos profissionais da área médica para o acompanhamento e auxílio ao diagnóstico em pacientes portadores de úlceras dermatológicas, especificamente no caso de úlceras de perna. Esse tipo de lesão é normalmente de difícil acompanhamento, sendo algumas alternativas de medição de feridas, para comparação com outras medidas, tomadas ao longo de um determinado período de tempo, conforme foi apresentado no Capítulo 5. Diversos Sistemas Computadorizados de Auxílio ao Diagnóstico Médico estão sendo desenvolvidos, como abordado no Capítulo 6.

No entanto, os métodos de medidas tradicionais além de invasivos, não permitem uma visualização da evolução do tratamento e os Sistemas Computadorizados em desenvolvimento não são específicos para o problema em questão.

Para isso, a proposta deste trabalho prevê uma ferramenta computacional gráfica não invasiva, que forneça uma forma de monitoramento da evolução do tratamento, aplicado pelo profissional da área médica.

8.2. Metodologia para o Desenvolvimento

Foi desenvolvida, neste trabalho, a estrutura inicial de uma Ferramenta Gráfica Computacional, onde é possível o acompanhamento das imagens da úlcera de perna de um determinado paciente, através da abordagem estatística de segunda ordem, utilizando as características de Haralick. Para esse fim, foram obtidas diversas imagens de vários pacientes portadores de úlceras de perna, sendo as mesmas posteriormente catalogadas, ou seja, foram atribuídos uma numeração identificadora de cada paciente e as respectivas datas de aquisição de cada imagem da úlcera de perna. Estas imagens foram obtidas com a colaboração da fisioterapeuta Maria Angélica, do Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia da USP de São Carlos, a qual estava desenvolvendo seu trabalho de mestrado em análise de úlceras de perna através do tratamento via pulsos de ultra-som de baixa intensidade. Foi usada uma filmadora *handycam* e, posteriormente, esse filme foi capturado por uma *frame grabber*. Após a digitalização do filme, foram obtidas as imagens (*frames*). É importante salientar que não houveram maiores preocupações com o exato posicionamento da câmera e uniformidade das condições de iluminação, no momento da aquisição das imagens.

A seguir, foi feita uma triagem das melhores imagens obtidas, ou seja, foram selecionadas para uso neste trabalho aquelas que apresentavam melhores condições de iluminação, uma melhor uniformidade, melhor enfoque da região da lesão e um melhor contraste. A partir daí, essas imagens, obtidas originalmente em cores, foram transformadas para níveis de cinza, utilizando-se a resolução de 8 bits ou 256 níveis

de cinza como padrão. É importante ressaltar que todas as imagens foram armazenadas como sendo Mapa de Bits (*bitmaps*), ou seja, o mapeamento de todos os pixels das imagens é direto, devido às próprias características que esse tipo de arquivo proporciona.

Uma vez catalogadas essas imagens, o próximo passo consistiu em se desenvolver processos de medição que fossem realmente eficientes, ou seja, que trouxessem para o usuário do sistema, resultados que permitissem a extração e medição de características provenientes das úlceras, a fim de mensurar a evolução das mesmas. Para isso, utilizou-se da abordagem estatística de segunda ordem, especificamente com a extração de características de Haralick aplicadas a texturas, onde teve-se em vista que a conjunção destas várias características poderiam dar resultados coerentes ao acompanhamento da patologia, conforme observado pela literatura pesquisada.

Foram, então, obtidas diversas amostras da parte interna das imagens das lesões, amostras estas sendo visualizadas aqui como texturas, as quais foram submetidas à Ferramenta Computacional para facilitar o processo de medição das características de Haralick. Convencionou-se também que a parte da úlcera de mais interesse seria a parte interna, definindo-se que texturas seriam obtidas todas da parte interna da lesão.

A Figura 8.1 mostra a operação de corte na imagem, operação esta também chamada de "janelamento", de onde são obtidas as texturas a serem processadas pela Ferramenta Gráfica Computacional.

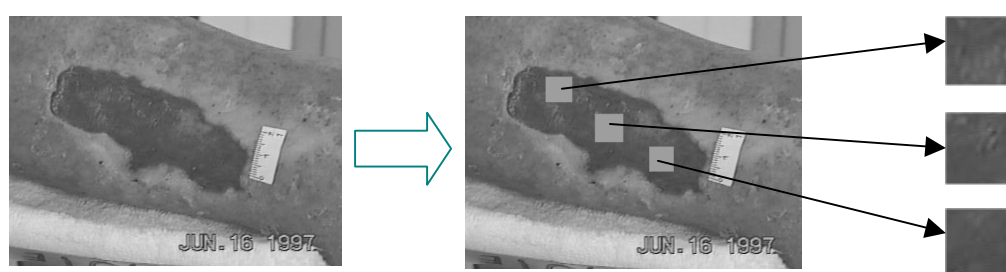


Figura 8.1: Operação de obtenção das amostras (texturas) da região interna da lesão.

A implementação da Ferramenta Gráfica Computacional tem visado sobretudo ser de fácil utilização para o profissional de medicina, permitindo o processamento e extração de características de imagens de lesões, fornecendo resultados baseados no uso das características de Haralick, de uma forma interpretável para o usuário, através de gráficos de acompanhamento da evolução da patologia.

8.3. Etapas de Desenvolvimento da Ferramenta

A parte da Ferramenta desenvolvida neste trabalho visou a comparação do uso das características de Haralick no acompanhamento da evolução do tratamento de úlceras. Para isso, foi definida uma metodologia, dividida em seis etapas conforme mostra o Gráfico da Figura 8.2.

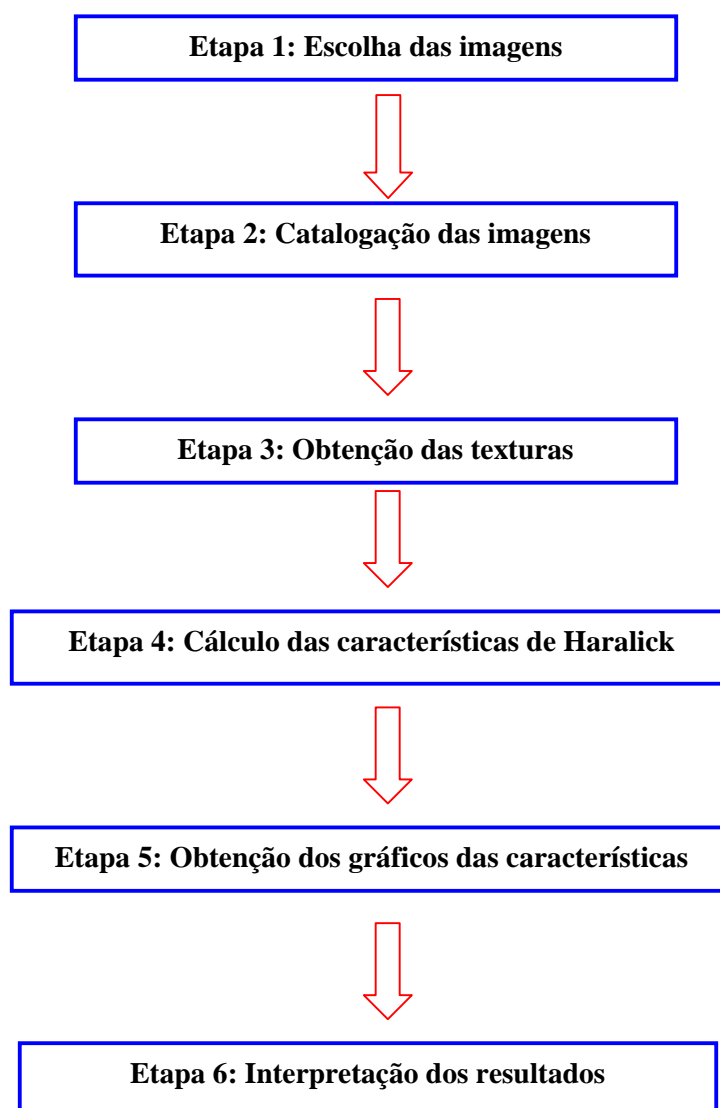


Figura 8.2: Descrição das etapas de desenvolvimento

- **Etapa 1: Escolha das imagens** - consiste da escolha das melhores imagens, entre todas as imagens de um mesmo paciente, segundo critérios já abordados, como foco, contraste e tamanho. Essas imagens foram armazenadas e convertidas para arquivos do tipo *bitmap*, para processamento posterior;

- **Etapa 2: Catalogação das imagens** – a partir das imagens que foram selecionadas na Etapa 1, procedeu-se à organização das mesmas, levando-se em conta as datas em que foram adquiridas, e o número identificador do paciente. Uma idéia, utilizada neste trabalho, é a de criar um diretório com o número identificador do paciente e subdiretórios com as datas de aquisição das imagens, sendo as imagens escolhidas identificadas por números. Como exemplo, as imagens de um paciente de número 4, que teve imagens coletadas em 05/07/98, 14/08/98 e 31/08/98, foram armazenadas como mostrado no Gráfico da Figura 8.3.

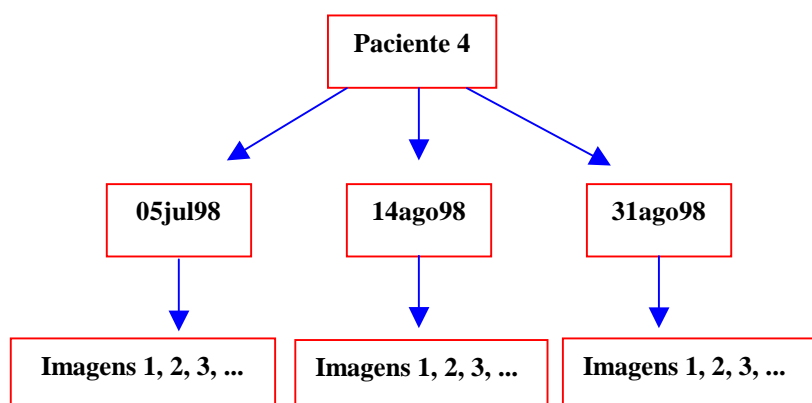


Figura 8.3: Estrutura utilizada para catalogação e armazenamento das imagens dos pacientes.

- **Etapa 3: Obtenção das texturas** – esta etapa compreende a operação de “janelamento” da região interna das lesões, para a amostragem das texturas a serem utilizadas na etapa de extração de características;
- **Etapa 4: Cálculo das características de Haralick** – automatizada pela Ferramenta Computacional, onde são extraídas diversas características a partir das texturas recortadas na Etapa 3. Essas características servem de

base para a obtenção de gráficos e interpretação dos resultados, objeto das Etapas 5 e 6;

- **Etapa 5: Obtenção dos gráficos das características** – nesta etapa, são traçados os gráficos de cada característica de Haralick, a partir dos valores das mesmas;
- **Etapa 6: Interpretação dos resultados** – aqui tem-se a etapa final de interpretação dos valores das características obtidas e seus respectivos gráficos. São interpretados valores relativos à homogeneidade das texturas, contraste, correlação entre níveis de cinza, entre outros, de modo que se possa aplicar esses resultados a uma análise que permita o acompanhamento do estado da lesão do paciente ao longo do tempo.

As Etapas 1, 2, 3 e 6 são etapas manuais, sendo as restantes (Etapas 4 e 5) automatizadas através do uso da Ferramenta Gráfica Computacional.

8.4. Descrição da Ferramenta Gráfica Computacional

A Ferramenta Gráfica Computacional foi inicialmente concebida a partir da proposta de se ter em mãos um *software* que permitisse a obtenção de resultados conclusivos sobre o acompanhamento de pacientes portadores de úlceras dermatológicas, a partir de imagens das lesões, tomadas ao longo de um certo período de tempo. Usando-se somente de uma inspeção visual dessas imagens, é difícil se chegar a algum resultado conclusivo relativo à melhoria do estado do paciente, e é muito comum que o mesmo acabe por desistir do tratamento médico, devido à falta de uma visualização da cicatrização ou pelo menos uma informação de melhora do estado da mesma.

O programa de computador desenvolvido neste trabalho vem justamente acrescentar a possibilidade de acompanhamento visual gráfico da evolução do tratamento de úlceras de perna, em relação aos métodos já existentes, pois permite que diversos resultados (etapa de extração de características) de acompanhamento sejam obtidos, o que vem a contribuir como informação a ser fornecida para o profissional da área médica e, conseqüentemente, para o paciente, em termos do estado da lesão.

Para a concepção da Ferramenta Gráfica Computacional, foi escolhida como plataforma de desenvolvimento, o Delphi 5, da Borland International, devido a sua natureza de prototipação gráfica rápida, orientação a objetos e poderosos recursos para trabalho com processamento de imagens. Foram implementadas diversas características de Haralick, obtidas a partir do uso de matrizes de coocorrência de níveis de cinza. As características foram escolhidas a partir de uma pesquisa das mais significativas utilizadas em trabalhos, como em (MEERSMAN, D. ET AL. (1998)), (GUPTA, R.; UNDRILL P. E. (1996)), (BURRILL, J. H. P. (1999)) e (TRELOAR, W. J. (1993)), sendo excluídas aquelas que apresentassem resultados semelhantes, como por exemplo: diferentes características que permitem a mensuração de contraste em uma imagem, somente uma delas seria selecionada para a implementação, nesse caso, normalmente a de menor custo computacional; ou características de nomes diferentes, mas que permitem a mensuração de homogeneidade local de níveis de cinza em imagens, procedendo-se também a uma escolha daquela mais conveniente para permanecer no programa.

Os valores das características de Haralick são obtidos através de diversas texturas, provenientes da parte interna da lesão, onde são analisadas particularidades dessas texturas, por medidas estatísticas, de modo a se chegar a algum resultado de interesse para o médico.

8.4.1. Controle da Ferramenta

O Controle do *software* compreende o Formulário Principal ou Formulário de Controle, responsável pela obtenção de alguns parâmetros de entrada para uso no sistema. Este formulário pode ser visto na Figura 8.4.



Figura 8.4: Formulário de Controle ou Principal

Esse formulário recebe como entrada o número de texturas (amostras) a serem obtidas da região interna da lesão e também a distância entre *pixels* a ser utilizada para a análise das texturas. A distância entre *pixels* é importante na análise de macro e microgranulações em texturas, onde uma distância pequena, como no caso 1, é utilizada para a análise das variações mais sutis, de *pixel* para *pixel*, lado a lado. Aumentando-se esse valor, pode-se também analisar imagens de maneira a se considerar a vizinhança entre pixels uns mais distantes dos outros, análise esta chamada de análise macro.

O botão Abrir Imagem mostrado na interface de controle tem a função de abrir uma caixa de diálogo onde é possível a escolha de uma determinada imagem de um paciente, em uma dada data, para a extração de características da lesão. A Figura 8.5 mostra a caixa de diálogo de escolha da imagem.

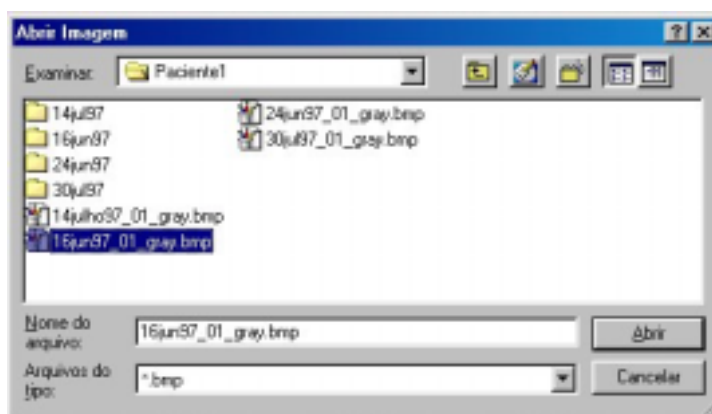


Figura 8.5: Caixa de diálogo para a escolha da imagem a ser utilizada.

8.4.2. Obtenção das Texturas

Após a escolha do arquivo de imagem através da caixa de diálogo mostrada na Figura 8.5, é aberto automaticamente um outro formulário utilizado para a demarcação das texturas a serem capturadas pela ferramenta computacional. Esse formulário mostra a imagem previamente escolhida na etapa anterior e possibilita, através do uso do *mouse*, com que sejam feitos pequenos retângulos, cada um sendo uma amostra de textura a ser armazenada para uso na etapa de extração das características. O número de texturas a serem obtidas é limitado pelo número inicialmente fornecido no formulário de controle. A Figura 8.6 ilustra o formulário de obtenção de texturas.



Figura 8.6: Formulário utilizado para a obtenção das texturas (amostras).

A Figura 8.7 ilustra como fica o formulário apresentado na Figura 8.6, após a obtenção das texturas. Essas texturas foram obtidas com o posicionamento e o arrasto do *mouse* sobre a região desejada da lesão, desenhando-se assim, pequenas “janelas” (operação de janelamento), indicativas das amostras das texturas.



Figura 8.7: Obtenção das texturas, mostradas pelos quadrados, em amarelo.

8.4.3. Extração de Características

Após o armazenamento das texturas obtidas, é feita a equalização do histograma para cada textura. A equalização do histograma é importante para que a distribuição dos níveis de cinza das texturas preencha todo o espectro do histograma, de uma forma mais ou menos homogênea, ressaltando os pontos mais relevantes.

Em seguida, procede-se à etapa de cálculos de matrizes de coocorrência para cada textura obtida. Essas matrizes são formadas pela contagem da ocorrência dos tons de cinza, conforme visto no Capítulo 7, e servem como base para os cálculos das características de Haralick, relevantes para o estudo do comportamento das lesões de perna ao longo de um certo período de tempo.

As matrizes de coocorrência levam em conta o distanciamento informado no formulário de controle do sistema (distância entre pixels), usando essa variável em seus cálculos, para o dimensionamento da distância entre pixels a ser utilizada para a obtenção das características.

Foi desenvolvida uma classe denominada THaralick, onde existem métodos responsáveis pelos cálculos das matrizes de coocorrência em 0, 45, 90 e 135 graus, de onde são extraídas as seguintes características: segundo momento angular, contraste, entropia, momento diferença inverso e correlação para cada posicionamento (grau). A seguir é feita uma média de cada característica para uso pelo sistema, calculada a partir de cada característica, dividido pelo número de texturas em questão. Essa operação resume o processo de amostragem das texturas da região da lesão, onde são obtidas as diversas amostras (texturas), calculados os seus valores (características), e extraída a média de cada valor.

Após a realização de todos os cálculos necessários à extração de características, é mostrado ao usuário um formulário de resultados, onde é possível se comparar os valores das médias das características de três imagens de lesões obtidas em diferentes tempos e também ter acesso às curvas dessas características, para melhor visualização dos resultados.

Cabe aqui um comentário acerca das características de Haralick utilizadas. Como essas cinco características possuem, em sua maioria, nomes não muito significativos sob o ponto de vista médico ou do usuário, foi realizado um estudo prévio de como esses nomes poderiam ser adaptados de modo a facilitar a interpretação final. Cada característica foi analisada, juntamente com as suas interpretações obtidas de referências bibliográficas (Capítulo 7), e foram definidos nomes baseados no estudo de suas interpretações.

Dessa forma, são relacionados a seguir os nomes utilizados na interface final do sistema:

- **Segundo momento angular (SMA):** como essa característica trata da medida da homogeneidade local, convencionou-se chamar esta de **homogeneidade**, onde, quanto mais homogênea uma imagem, menores as transições de níveis de cinza. Nesse caso, a matriz de coocorrência possui baixas entradas de alta magnitude;
- **Contraste:** o nome **contraste** é um indicador usual encontrado em sistemas que utilizam imagens, sendo portanto, mantido. O contraste mede a quantidade de variação local de níveis de cinza em uma determinada imagem;
- **Entropia:** basicamente, a entropia é a medida do grau de dispersão dos níveis de cinza em uma imagem. Vem, portanto, acrescentar mais informações sobre homogeneidade, assim como a medida do segundo momento angular, agora renomeada para **homogeneidade**. No caso da entropia, alterou-se o nome para **dispersão**, para diferenciar de homogeneidade, já usado anteriormente. No caso dos elementos da matriz de coocorrência em questão terem valores mais ou menos iguais, a dispersão é alta, ou seja, a entropia tem um valor alto. Já no caso da

concentração de valores na diagonal da matriz de coocorrência ser alta, a entropia, ou dispersão, é baixa;

- **Momento diferença inverso (MDI):** mede a concentração dos valores na diagonal da matriz de coocorrência, tendo, neste caso, valor máximo. Isso significa que tons de cinza de valores iguais, separados por uma distância d , existem em uma grande quantidade. Nome utilizado neste caso: **concentração**, no caso de valores iguais.
- **Correlação:** é a medida da linearidade de dependência de tons de cinza em uma imagem. Quando ocorre uma certa ordenação local de níveis de cinza, o valor da correlação é alto. Neste caso, então, foi convencionado o nome **ordenação**, para indicar a medida da característica correlação.

Após a definição dos nomes significativos a serem utilizados na interface, é apresentado na Figura 8.8 o formulário de resultados do sistema, contendo as datas das imagens utilizadas para a obtenção das texturas e suas respectivas características, dispostas de acordo com as datas e botões para acesso à gráficos de cada característica, possibilitando uma melhor visualização do comportamento de cada característica, individualmente.

Datas:	Homogeneidade:	Contraste:	Dispersão:	Concentração:	Ordenação:
31/10/1996	0,0010879	1112,24663	3,20587	0,10730	0,0004568
06/11/1996	0,0006060	1383,70162	3,33583	0,08133	0,0003732
08/11/1996	0,0005280	1318,88180	3,39126	0,07724	0,0003398

Figura 8.8: Formulário de Resultados do sistema, contendo as características separadas por datas e botões para acesso aos gráficos.

A Figura 8.9 mostra alguns gráficos obtidos a partir dos resultados apresentados na interface de resultados.

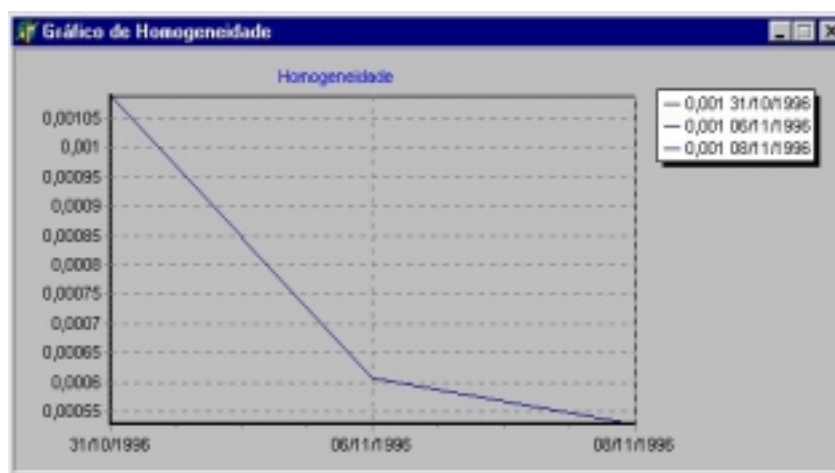


Figura 8.9 (a): Gráfico da Homogeneidade

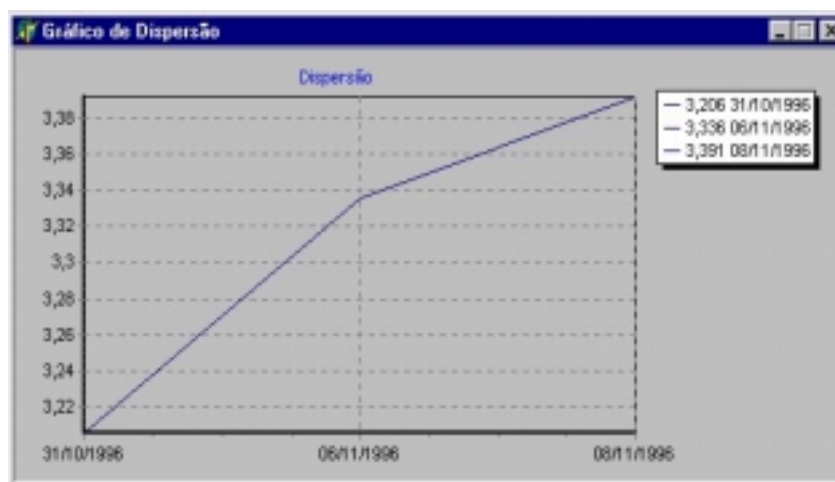


Figura 8.9 (b): Gráfico da Dispersão

A interpretação dos valores obtidos para cada característica citada anteriormente será objeto de estudo do próximo capítulo, onde serão feitos testes com a Ferramenta Gráfica Computacional e a obtenção de resultados com dois pacientes. Em seguida, será discutido o comportamento observado de cada curva.