

Considerações acerca de Trabalhos em Áreas de Divisa de Fusos UTM

Eng. Mestrando Dirceu de Menezes Machado Júnior ¹
Profa. Doutoranda Mariane Alves Dal Santo ²
Prof. Dr. Carlos Loch ³

¹ UFSC - Depto. de Engenharia Civil
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil PPGEC/UFSC
88040-970 Florianópolis SC
dirceu73@terra.com.br

² UFSC - Depto. de Engenharia Civil
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil PPGEC/UFSC
88040-970 Florianópolis SC
marianedalsanto@bol.com.br

³ UFSC - Depto. de Engenharia Civil
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil PPGEC/UFSC
88040-970 Florianópolis SC
loch@ecv.ufsc.br

Resumo: O sistema de projeção oficialmente adotado no Brasil para mapeamentos é o sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator (UTM). Atualmente se está desenvolvendo um Sistema de Informação Geográfica para a Bacia do Paraná III, área que sofre influência direta do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipú. Esta bacia tem como peculiaridade ter sua localização em uma área de divisa de fusos contíguos no sistema UTM, os fusos 21 e 22. Este trabalho então têm por objetivo fazer uma análise das implicações dessa peculiaridade de localização da bacia em estudo, bem como propor alternativas para trabalho nessa área entre divisas de fusos UTM.

Palavras chaves: SIG, Coordenadas Geográficas, UTM

Abstract: The map projection grid officially adopted in Brazil for mapping in average scale is the Universe Transverse Mercator Grid (UTM). Currently it is in development a Geographic Information System (GIS) for the Parana III basin, area that suffers direct influence by the reservoir of the Itaipú Hydroelectrical plant. This basin has as peculiarity to have its localization in an area of verge of contiguous UTM grid zones - zones 21 and 22. This paper has for objective to make an analysis of the implications of this peculiarity of localization of the basin in study, as well as considering methodologies for work in this area between verge of UTM grid zones.

Keywords: SIG, Geographic Coordinates, UTM grid

1 Considerações Iniciais

O trabalho apresentado nesse artigo faz parte do projeto de implementação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para análise e manipulação de dados georreferenciados, na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Esta área é constituída pela Bacia do Paraná III, no Estado do Paraná, e têm como peculiaridade se situar em uma região de limite entre dois fusos contíguos do sistema de projeção UTM.

O posicionamento geográfico da área de estudos constitui caso muito especial, em termos de sistematização cartográfica. Sua área está incluída em duas folhas de 1:1.000.000, distribuídas em dois fusos, os de 51° e 57° de longitude nos meridianos centrais, respectivamente os de número 21 e 22 da Carta Internacional ao Milionésimo.

As figuras a seguir ilustram a localização da bacia do Paraná III, mostrando a área que se encontra em cada um dos fusos, as coordenadas geográficas dos limites dos fusos e seus meridianos centrais.

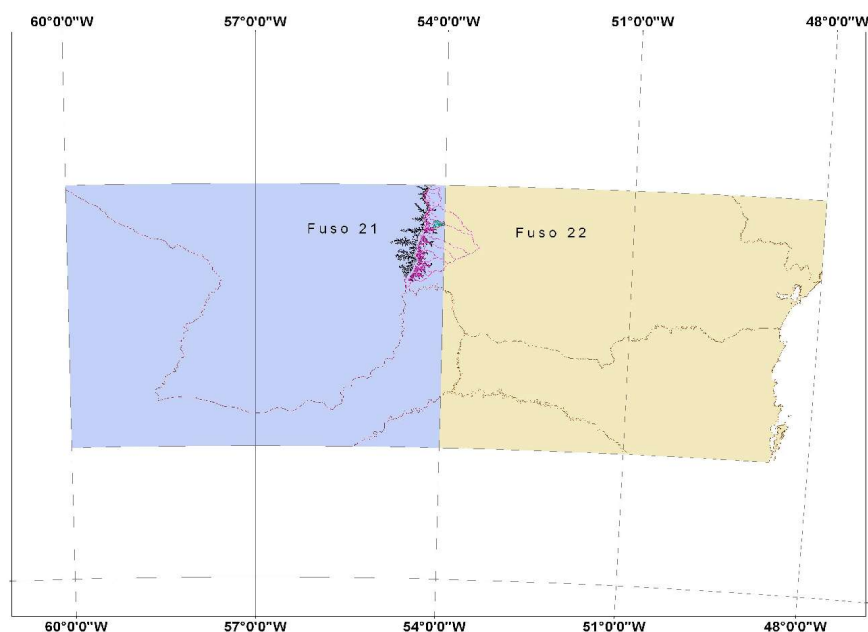


Figura 1 – Caracterização da área da Bacia do Paraná III, mostrando a área de divisão pelos fusos UTM 21S e 22S.

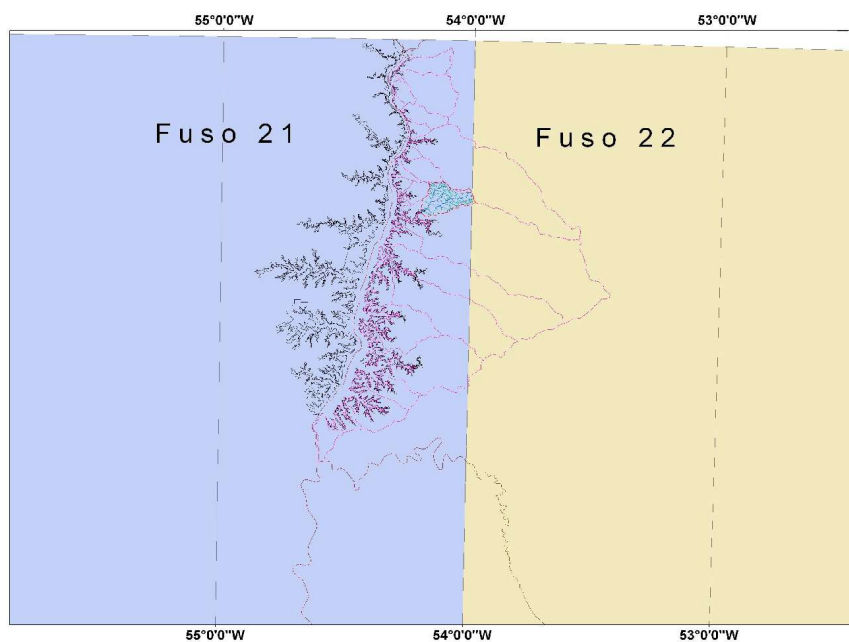


Figura 2 – Ampliação da figura anterior

O SIG será implementado primeiramente em uma área piloto, dentro da bacia do Paraná III, na microbacia de primeira ordem do Ajuricaba, que é composta pelos Córregos Arroio Fundo, Curvado e Ajuricaba. Esta microbacia, assim como a bacia do Paraná III, também tem parte de sua área dividida entre os fusos UTM 21S e 22S, embora em menores proporções. A figura a seguir ilustra a situação da microbacia de primeira ordem do Ajuricaba (incluindo a disposição dos rios principais da microbacia) em relação aos fusos UTM.

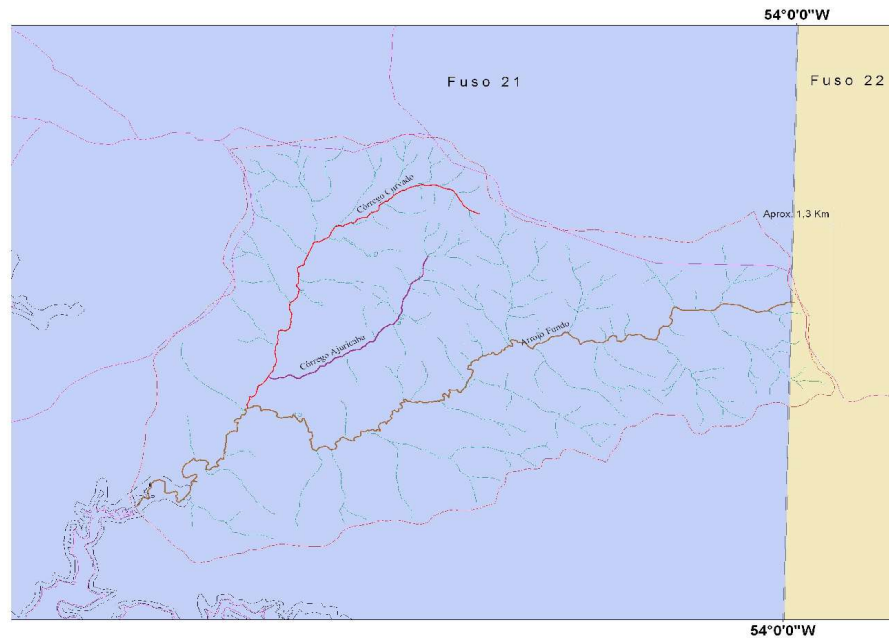


Figura 3 – Posição da Bacia do Ajuricaba nos fusos UTM

Através da figura 3 pode-se constatar que a área da microbacia de primeira ordem do Ajuricaba que se encontra dentro do fuso UTM21S é reduzida, sendo algo em torno de 1,3 Km.

Para a estruturação de um SIG é necessário que todos os dados (gráficos e descritivos) se encontrem referenciados em uma mesma base, ou seja, que todos os dados se encontrem em um mesmo sistema de coordenadas. Isto vai possibilitar ao SIG a análise espacial e integrada dos dados necessários, não sendo possível no caso dos dados possuírem referências diferentes.

Faz-se necessário então um estudo para que se integre os diferentes produtos a serem incluídos no SIG em uma mesma base cartográfica.

Primeiramente, para embasar o desenvolvimento da pesquisa, fez-se um estudo sobre coordenadas geográficas, projeções cartográficas e sistemas de projeção.

Após analisou-se algumas projeções adotadas no Brasil e suas peculiaridades, e por fim, foi analisado o caso da microbacia de primeira ordem do rio Ajuricaba, que será a área piloto onde será, em primeira instância, implementado o SIG, procurando solucionar o problema apresentado.

Materiais e Equipamentos utilizados:

- Ortofotocartas de 1996 elaboradas pela empresa ESTEIO de parte da área da microbacia de primeira ordem Ajuricaba, georreferenciadas na extensão do Fuso UTM 22S.
- Arquivos vetoriais diversos delimitando a área de contorno da Bacia do Paraná III, microbacia do Ajuricaba e localização dos cursos d'água principais e secundários da microbacia do Ajuricaba.
- Software de processamento de imagens ENVI 4.0 da Research Systems Inc.
- Software CAD Microstation V8 da Bentley Systems.
- Software ArcGIS 8.3 da ESRI.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Sistema de Coordenadas

Um objeto geográfico qualquer, como uma cidade, a foz de um rio, ou o pico de uma montanha, somente poderá ser localizado se for possível descrevê-lo em relação a outros objetos com posições conhecidas. Trata-se então de determinar sua localização em uma rede coerente de coordenadas.

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície. Um sistema de coordenadas permite descrever geometricamente a superfície terrestre em levantamentos. Para o elipsóide, ou esfera, usualmente emprega-se um sistema de coordenadas esférico (paralelos e meridianos) e para o plano, um sistema de coordenadas cartesianas X e Y. (HASENACK et al, 2003).

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICA

Segundo KENNEDY & KOPP (2000) um sistema de coordenadas geográficas usa uma esfera tridimensional para definir locais na superfície terrestre. Um sistema de coordenadas geográficas possui uma unidade angular de medidas (latitude e longitude), um meridiano principal e um datum (baseado em um esferóide).

É o sistema de posicionamento mais antigo. Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo.

Meridianos são círculos máximos da esfera, cujos planos contêm o eixo de rotação ou eixo dos pólos. Meridiano de origem (também conhecido como inicial ou fundamental) é aquele que passa pelo antigo observatório britânico de Greenwich, escolhido convencionalmente como a origem (0°) das longitudes sobre a superfície terrestre e como base para a contagem dos fusos horários. A leste de Greenwich os meridianos são medidos por valores crescentes até + 180°. A oeste, suas medidas são decrescentes até o limite mínimo de - 180°. (IBGE, 1993)

Os paralelos são círculos da esfera cujo plano é perpendicular ao eixo dos pólos. O Equador é o paralelo que divide a Terra em dois hemisférios (Norte e Sul) e é considerado como o paralelo de origem (0°). Partindo do equador em direção aos pólos tem-se vários planos paralelos ao equador, cujos tamanhos vão diminuindo até se tornarem um ponto nos pólos Norte (+90°) e Sul (-90°).

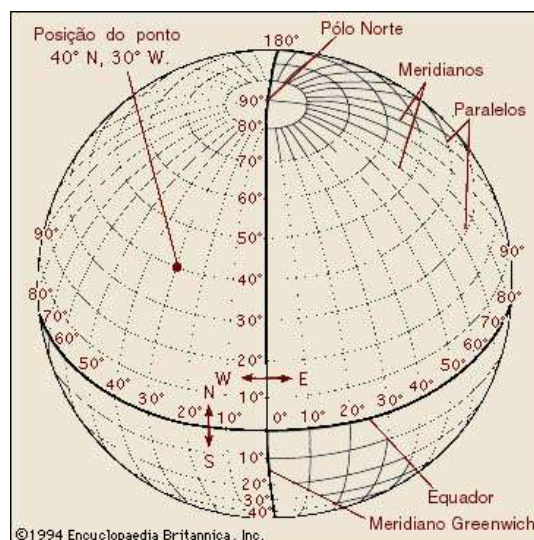


Figura 4 : Sistema de Coordenadas Geográficas

O sistema de coordenadas para localizar pontos sobre a superfície da Terra consiste em medir a longitude dos arcos ao longo dos paralelos e dos meridianos. A latitude corresponde à distância angular entre um ponto qualquer sobre a superfície da Terra e o Equador, ao longo de um meridiano. A longitude corresponde ao afastamento angular entre um ponto e o meridiano de referência.

Tabela 1 – Extensões aproximadas das unidades de medida de coordenadas.
Fonte: Hasenack et al (2003)

Unidade	Extensão aproximada no Equador
1°	111,11 km
1'	1,85 km
1''	30,86 m

SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS

O sistema de coordenadas planas, também conhecido por sistema de coordenadas cartesianas, baseia-se na escolha de dois eixos perpendiculares, usualmente os eixos horizontal e vertical, cuja intersecção é

denominada origem, estabelecida como base para a localização de qualquer ponto do plano. A origem tem coordenadas planas (0, 0), mas pode, por convenção, receber valores diferentes, denominados offsets. Assim, pode-se ter a origem com coordenadas (offset_x, offset_y).

Nesse sistema de coordenadas, um ponto é representado por dois números: um correspondente à projeção sobre o eixo x (horizontal), normalmente associado à longitude, e outro correspondente à projeção sobre o eixo y (vertical), normalmente associado à latitude.

Um sistema de coordenadas plana é sempre baseado em um sistema de coordenadas geográficas. A transformação matemática usada para se ter um sistema de coordenadas em duas dimensões é comumente chamada de projeção cartográfica. (KENNEDY & KOPP, 2000).

2.2. Projeções Cartográficas

Podem-se definir as projeções cartográficas como funções matemáticas que relacionam pontos de uma superfície, dita de referência (esfera ou elipsóide), a uma superfície dita de projeção (plana). (ROCHA, 1998)

Existem diferentes projeções cartográficas, uma vez que há uma variedade de modos de projetar sobre um plano os objetos geográficos que caracterizam a superfície terrestre. Conseqüentemente, torna-se necessário classificá-las sob seus diversos aspectos, a fim de melhor estudá-las.

Há sistemas que se adequam, melhor do que outros, a determinadas finalidades ou que oferecem a vantagem, de uma construção simples e rápida. Nenhum, porém, pode receber as honras de sistema ideal capaz de proporcionar solução geral ao problema cartográfico.

As características básicas que norteiam a escolha das projeções cartográficas são a localização da superfície a ser representada, as distâncias extraídas diretamente do mapa, as direções e as áreas.

Quanto à superfície de projeção utilizada, podemos classificar as projeções em:

- a) Projeções Planas: São as que utilizam um plano diretamente como superfície de Projeção. Estas projeções podem ser polares, equatoriais e oblíquas, dependendo da localização do ponto de tangência.
- b) Projeções Cônicas: São projeções que utilizam o cone como superfície auxiliar. Dependendo da posição do cone as projeções podem se subdividir em: Normal, Transversa e Oblíqua.
- c) Projeções cilíndricas: São projeções que utilizam o cilindro como superfície auxiliar: Dependendo da posição do cilindro, as projeções podem se subdividir em Equatorial, transversa e oblíqua.

A figura abaixo ilustra a classificação das projeções, conforme descrito acima, referente à superfície de projeção utilizada, bem como a representação de uma parte do globo em cada classificação, ilustrando as deformações sofridas por cada tipo de projeção:

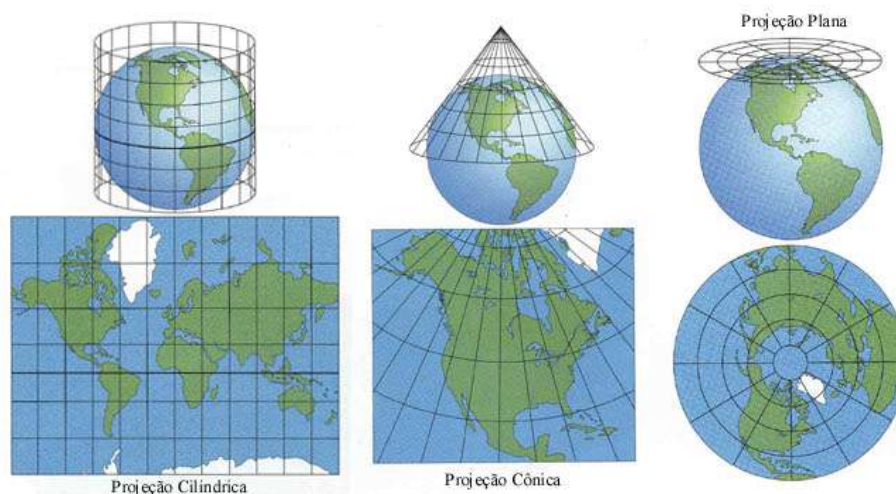


Figura 6 – Exemplos de Superfícies de Projeção e representações de parte do globo.

As projeções cartográficas, de acordo com as propriedades que conservam, podem ser classificadas em:

1. Equidistantes: não apresentam deformações lineares para algumas linhas em especial, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme.
2. Conformes: representam sem deformação todos os ângulos em torno de quaisquer pontos e, em função desta propriedade, não deformam pequenas regiões.
3. Equivalentes: não alteram as áreas, conservando assim, uma relação constante com as suas correspondentes na superfície da Terra. Seja qual for a porção representada num mapa, ela conserva a mesma relação com a área de todo o mapa.
4. Afiláticas: não possui nenhuma propriedade dos outros tipos, ou seja, as projeções em que as áreas, os ângulos e os comprimentos não são conservados.

Como citado anteriormente, existem variados tipos de projeções cartográficas. A escolha entre o uso de uma ou outra projeção dependerá exclusivamente das características do trabalho a ser efetuado. Segundo ROCHA (1998), deve ainda ser levado em consideração, na escolha da projeção cartográfica a ser utilizada, os seguintes fatores:

- A localização da região (Polos, equador, etc.)
- A forma da região (Chile, Panamá)
- As dimensões da região (Portugal, Suíça, Canadá, Brasil)
- A finalidade do trabalho (Propriedade e grau de precisão).

2.3. Sistema de Projeção UTM

Na realidade, a conhecida UTM não é uma projeção, mas um sistema da projeção transversa de Mercator (conforme de Gauss). O sistema surgiu em 1947, para determinar as coordenadas retangulares nas cartas militares.

Dentre as características desse sistema de projeção pode-se citar:

- A superfície de projeção é um cilindro transverso e a projeção é conforme (isto é, os ângulos são mantidos);
- meridiano central pode ser representado em verdadeira grandeza;
- A Terra é dividida em 60 fusos ou zonas de 6° de longitude. O cilindro transversal adotado como superfície de projeção assume 30 posições diferentes, já que seu eixo mantém-se sempre perpendicular ao meridiano central de cada fuso ou zona;
- Numeração dos fusos de 1 a 60, começando no anti-meridiano de Greenwich crescendo no sentido Leste;
- Aplica-se ao meridiano central de cada fuso ou zona um fator de redução de escala igual a 0,9996, para minimizar as variações de escala dentro do fuso ou zona. Como consequência, existem duas linhas aproximadamente retas, uma a leste e outra a oeste, distantes cerca de 1° 37' do meridiano central, representadas em verdadeira grandeza;
- Para indicação das coordenadas plano-retangulares utiliza-se a letra N para aquelas relativas ao eixo das abscissas, variando positivamente na região norte e negativamente na região com variação positiva para leste e sul, e a letra E para aquelas relativas ao eixo das abscissas, com variação positiva para leste e negativa para oeste.
- Cada um dos fusos UTM, tem origem na interseção do seu meridiano central com a linha do Equador. As coordenadas UTM destes pontos são $x=E$ (Este)=500.000,00 m e $y=N$ (Norte) =10.000.000,00m, no Hemisfério Sul, e $y=N=0,0m$, no Hemisfério Norte.
- Latitudes limites: 84 ° Norte e 80 ° Sul;
- Apesar da característica "universal" de projeção, enfatiza-se que o elipsóide de referência varia em função da região da superfície terrestre. No caso do Sistema Geodésico Brasileiro o elipsóide de referência é o Internacional de 1967 (UGGI), cujos parâmetros são: semi-eixo maior=6.378.160,000 m e achatamento=1/298,25
- Uma característica importante, desse sistema de projeção, diz que cada fuso pode ser prolongado em até 30' sobre os fusos adjacentes, criando assim, uma área de superposição de fusos de 1° de largura (aproximadamente 110 Km). Esta área de superposição serve para facilitar o trabalho de campo em atividades cujas áreas de interesse estejam no limite entre fusos. Sendo assim, os pontos situados em até 30' nas zonas de superposição são calculados no próprio fuso e no contíguo.
- De acordo com o IBGE é o sistema de projeção oficial adotado para o mapeamento sistemático brasileiro.

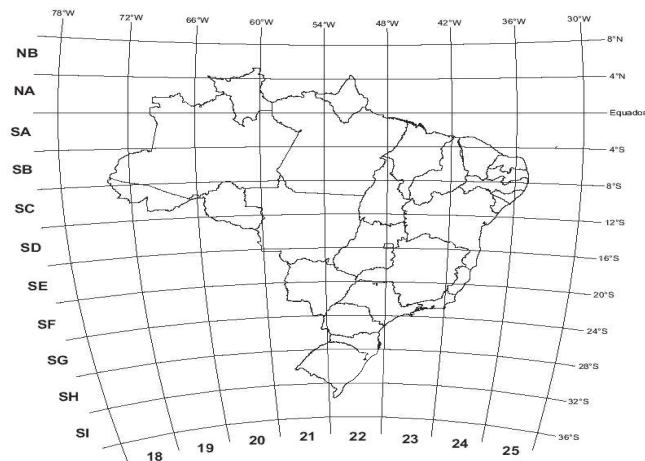


Figura 7 – Fusos UTM que dividem o Brasil. Fonte: Oliveira (2003)

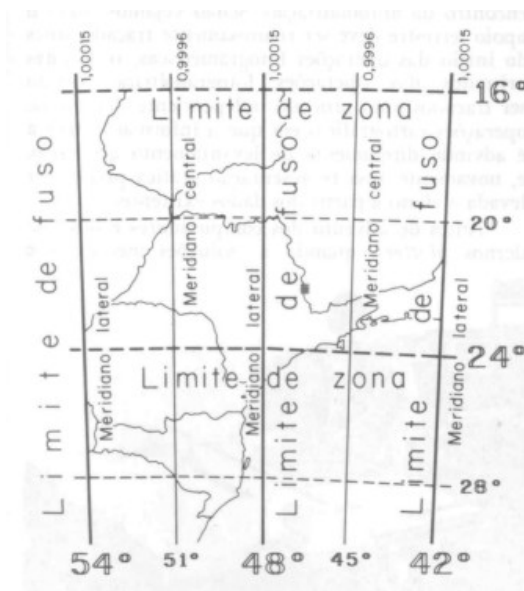


FIGURA 8 - Ampliação de dois fusos UTM, mostrando os valores dos meridianos e os fatores de redução de escala em cada um.

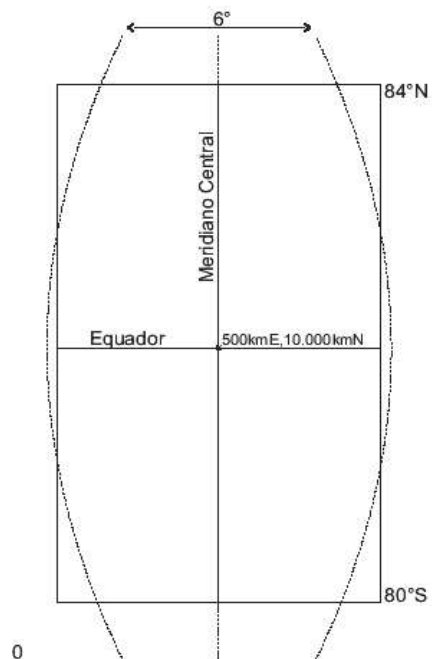


Figura 9 – Esquema de representação de um fuso UTM, mostrando o ponto de origem das coordenadas em cada fuso e as latitudes limites.

2.4. Outras Projeções Utilizadas no Brasil

Sistema de Projeção LTM

É similar na conceituação ao sistema de projeção UTM mas com fusos de amplitude de 1° de largura, sendo adotada pelo Instituto de Cartografia Aeronáutica para mapeamento de aeroportos, na escala 1/2000. (OLIVEIRA, 1994)

Apresenta as seguintes características:

- Projeção conforme de Gauss (superfície de projeção cilíndrica transversa).
- Fusos de 1 grau de amplitude.
- Fator de redução de escala, $K_0 = 0,999995$
- $N = N' + 5.000.000,00$, onde N' = Norte verdadeiro.
- $E = E' + 200.000,00$, onde E' = Leste verdadeiro.
- Distorção no meridiano central = 1/200.000

SISTEMA DE PROJEÇÃO RTM

Assim como o sistema de projeção LTM, o RTM é uma especificidade do sistema de projeção UTM. A conceituação é similar ao sistema UTM, só que neste caso os fusos são de 2° de amplitude. Segundo CARVALHO (1984), é usado em aplicações mais regionais, evitando fusos muito reduzidos e regiões de duplicidades de fusos.

Algumas características do sistema são descritas a seguir.

- Projeção conforme de Gauss (superfície de projeção cilíndrica transversa).
- Fusos de 2 graus de amplitude.
- Fator de redução de escala $K_0 = 0,999995$ Distorção linear no meridiano central = 1/200000
- $N = N' + 5000000,00$
- $E = E' + 400000,00$
- Distorção linear máxima: 1/200.000 no meridiano central e 1/9.000 no final do fuso.

Tabela Comparativa entre os sistemas UTM, RTM e LTM

Tabela 2 – Comparação entre diferentes sistemas de projeção
Fonte: Rocha (1998)

Projeções	Fuso	K0	Distorção no meridiano central
UTM	6 °	0,9996	1/2500
LTM	1°	0,999995	1/200.000
RTM	2°	0,999995	1/200.000

3 Análise e Soluções Encontradas para a Área em Estudo

3.1. Estudo de Caso da Microbacia de Primeira Ordem do Ajuricaba

A Microbacia de Primeira Ordem do Rio Ajuricaba se encontra quase que em sua maioria no fuso UTM 21, e apenas uma pequena parte no fuso 22.

O sistema de projeção UTM foi concebido prevendo uma sobreposição de 30' entre fusos contíguos para facilitar o trabalho justamente nessas zonas de limite de fuso. Sendo assim, os pontos situados em até 30' (aproximadamente 50 Km) nas zonas de superposição são calculados no próprio fuso e no contíguo.

Considerando que a área da microbacia ultrapassa a linha de limite de fuso em aproximadamente 1,5 Km no fuso 22S e aproximadamente 20 Km no fuso 21S, pode-se usar dessa propriedade do sistema de projeção UTM. Torna-se possível então trabalhar todos os dados geográficos da microbacia dentro de apenas um fuso o 21S ou 22S. A solução adotada para a área da microbacia do Ajuricaba foi a de se trabalhar todos os dados da mesma no fuso UTM 21S, visto que a maior parte de sua área se encontra neste fuso.

Descreverá-se a seguir um caso prático de transformação de coordenadas de um dado geográfico da microbacia de primeira ordem do Ajuricaba, para adequação em uma mesma base cartográfica. O sistema de coordenadas que será utilizado é um sistema de coordenadas planas, tendo como sistema de projeção o sistema UTM.

Na aquisição dos dados para a estruturação do banco de dados geográfico da microbacia em questão, obteve-se um conjunto de arquivos vetoriais delimitando a microbacia e delineando a rede hidrográfica da mesma, bem como um conjunto de ortofotocartas do ano de 1996 em meio digital.

Analisando o georreferenciamento dos arquivos obtidos, verificou-se que as ortofotocartas estavam referenciadas no fuso 22S e os arquivos vetoriais no fuso 21S. Esta diferença no referenciamento, apesar dos dados serem da mesma área, é justificado pelo fato da microbacia se encontrar na região de 30' de sobreposição entre os fusos 21 e 22, sendo possível caracterizar a região tanto em um fuso quanto no outro.

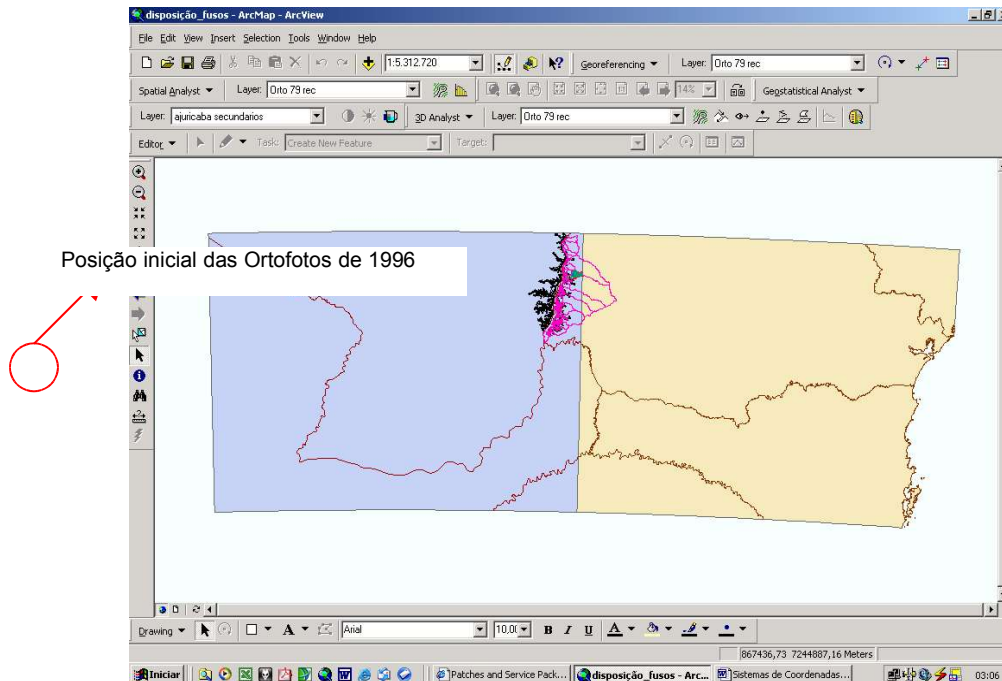


Figura 10 – Caracterização do georreferenciamento dos arquivos utilizados

Para a estruturação de um SIG se faz necessário que todos os dados a serem trabalhados se encontrem em uma mesma base. A solução, neste caso, foi a de se trabalhar todos os dados no sistema de projeção UTM fuso 21S, visto que a maior parte da bacia, e dos dados obtidos se encontram nesse fuso. A partir dessa solução adotada faz-se necessário o ajustamento do georreferenciamento das ortofotocartas para o fuso 21.

O primeiro passo foi à composição do mosaico das imagens adquiridas, com a finalidade de se fazer a análise e o ajustamento do conjunto de fotos de uma única vez ao invés de se trabalhar foto por foto. A composição do mosaico foi facilitada, uma vez que as mesmas já se encontravam georreferenciadas individualmente. O software utilizado para isso foi o ENVI 4.0 através da função mapa - mosaicar imagens – imagens georreferenciadas.

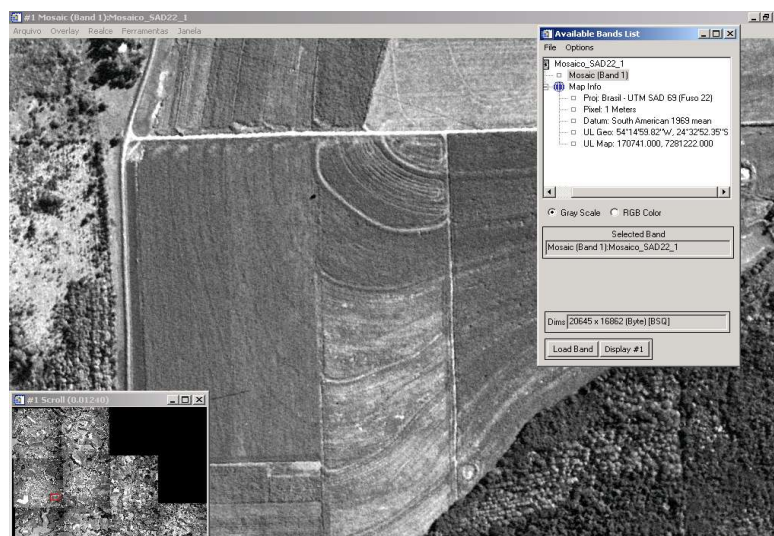


Figura 11 – Mosaico gerado a partir das ortofotocartas no sistema UTM fuso 22S.

Na figura acima se pode ver o mosaico gerado, com todas as fotos obtidas (canto inferior esquerdo), a imagem em um ponto qualquer do mosaico (assinalado pelo ponto vermelho na janela de mosaico), as informações sobre o sistema de coordenadas utilizado e os valores das coordenadas geográficas e planas do primeiro pixel da imagem final (Sistema de Projeção UTM-fuso22S, 54°14'59,82" W, 24°32'52,35" S e 170.741,080 E, 7.281.222,000 N). Certifica-se, pelos valores das coordenadas do primeiro pixel, que a imagem se encontra na região de superposição de fusos (por se encontrar na extremidade inicial do fuso 22).

Para que se possa fazer a transformação de coordenadas de um fuso UTM para outro de forma apropriada, no software utilizado, é necessário que, primeiramente, se faça uma transformação da imagem para um sistema de coordenadas geográfico. Essa etapa intermediária se faz necessária por causa da existência do fator de redução de escala e deformações na borda de fuso inerentes ao sistema de projeção UTM e que não estão contempladas no software.

Com essa etapa intermediária se transporta a coordenada da imagem para sua posição real em relação ao centro da terra (referencial geocêntrico) - sistema de coordenada geográfica, para posteriormente se projetar novamente à imagem em um sistema de coordenada cartesiana. Sem essa transformação intermediária o software simplesmente muda os valores das coordenadas, desconsiderando os coeficientes de redução de escala e deformação de borda de fuso, não promovendo, dessa forma a translação e rotação na imagem (movimentos necessários para que se possa ajustar a imagem ao seu correto posicionamento em outro fuso UTM).

A transformação das coordenadas foi feita utilizando o software de processamento de imagens ENVI 4.0. Para cada transformação se cria uma nova imagem, pois os pixels são reamostrados (pelo uso do processo de vizinhança próxima – *nearest neighborhood*) de acordo com o valor da nova coordenada. Com essa reamostragem se garante a translação e rotação da imagem (por meio de triangulação geométrica) necessárias ao ajustamento ao novo sistema de coordenadas e, posteriormente, ao novo fuso.

Para transformação de coordenadas foi utilizado o comando mapa-convertir projeção cartográfica do software.

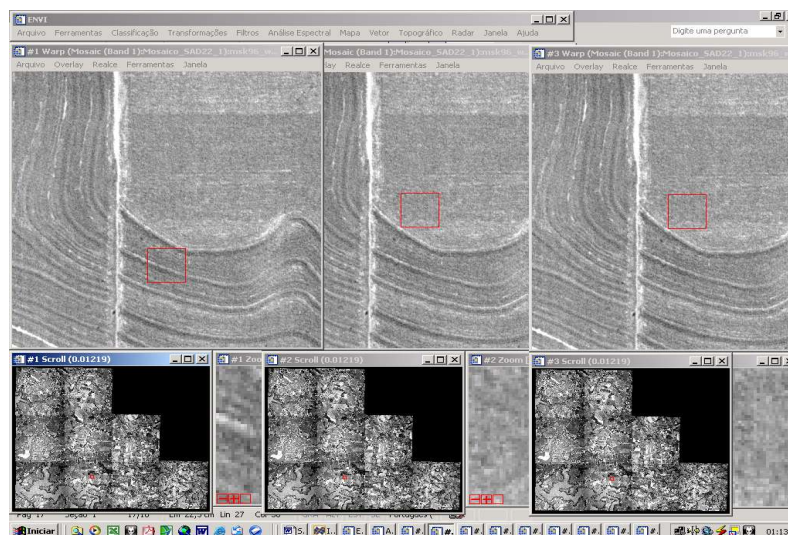


FIGURA 12 – Etapas da transformação de coordenadas do mosaico

A figura acima ilustra as duas transformações sofridas pela imagem durante o processo (a ordem das transformações é da esquerda para a direita – UTM fuso 22, WGS84, UTM fuso 21). É importante notar na parte inferior da figura as translações e rotações sofridas pelo mosaico para se ajustar às novas coordenadas. Os movimentos na imagem podem também ser observado na parte superior da figura, onde se fez um link entre os displays (um ponto na imagem é o mesmo ponto nas imagens subsequentes). Esse link leva em consideração apenas o valor das coordenadas locais do software, desconsiderando os parâmetros geográficos, isto é, o software cria um sistema de coordenada próprio com o ponto de origem no primeiro pixel da imagem e referencia todos os pontos da imagem por esse sistema de coordenada (criando um índice de referência temporário). Com isso, o ponto selecionado é o mesmo no sistema de

coordenada local do software para os displays mostrados, assim se pode ver a movimentação sofrida pela imagem, pois o ponto tem um deslocamento referente a nova posição da coordenada real do mesmo entre um display e outro. Na figura abaixo se tem um link geográfico (recurso disponível no software) entre os displays. Nesse link as coordenadas geográficas são levadas em consideração, assim, quando se seleciona um ponto em um dos displays, o software processa internamente a transformação das coordenadas do ponto nos sistemas de coordenadas dos displays interligados e retorna o valor da coordenada geográfica do ponto selecionado nas outras visualizações.

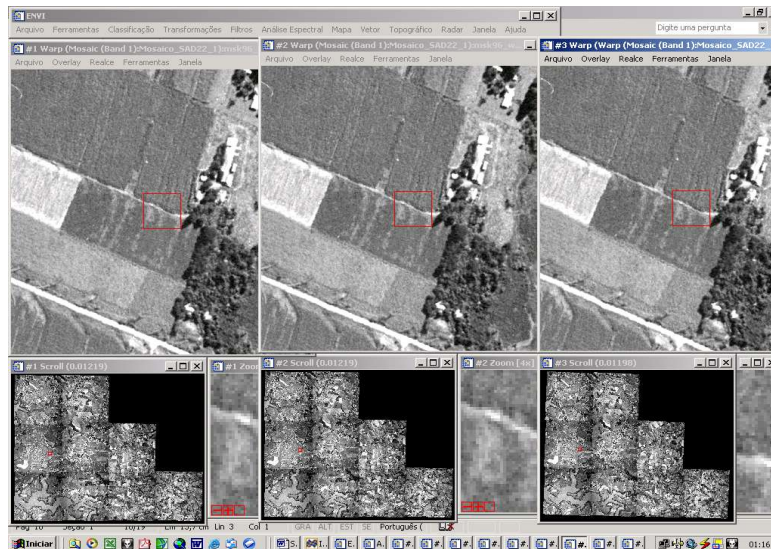


FIGURA 13 – Linkagem geográfica das imagens mostrando o mesmo ponto nas imagens.

Nessa figura pode-se observar que um ponto no primeiro display é o mesmo em todas as visualizações, logo, a transformação de coordenadas se fez de forma bem sucedida.

Após esse procedimento de transformação de coordenadas o passo seguinte é a inserção de todos os dados no banco de dados geográficos de forma a se verificar a acurácia dessa transformação (se a imagem está ou não na sua posição verdadeira em relação aos outros dados contidos na base de dados).

O software utilizado nesse passo é o software de SIG ArcVIEW 8.3, pois o mesmo permite a inserção de dados gráficos georreferenciados nos formatos vetoriais e matriciais (raster).

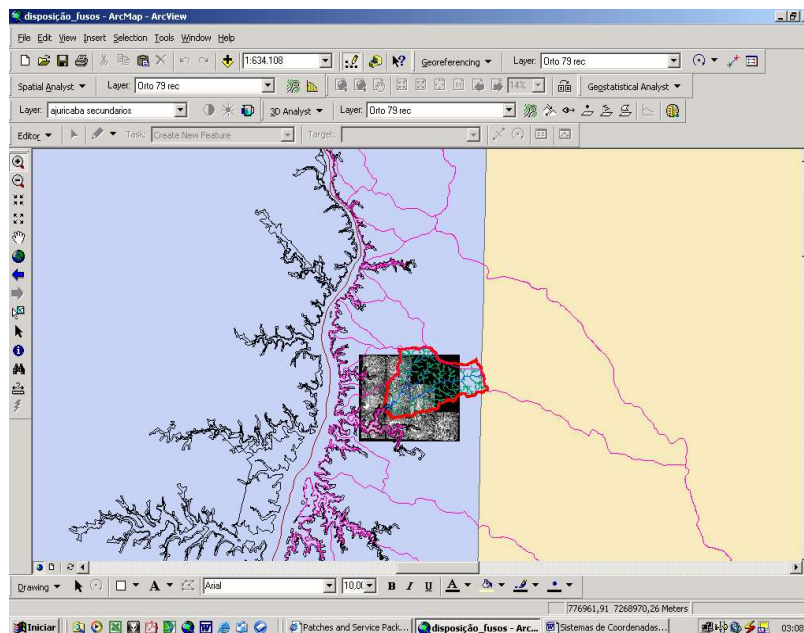


FIGURA 14 – Integração dos dados obtidos em uma base comum.

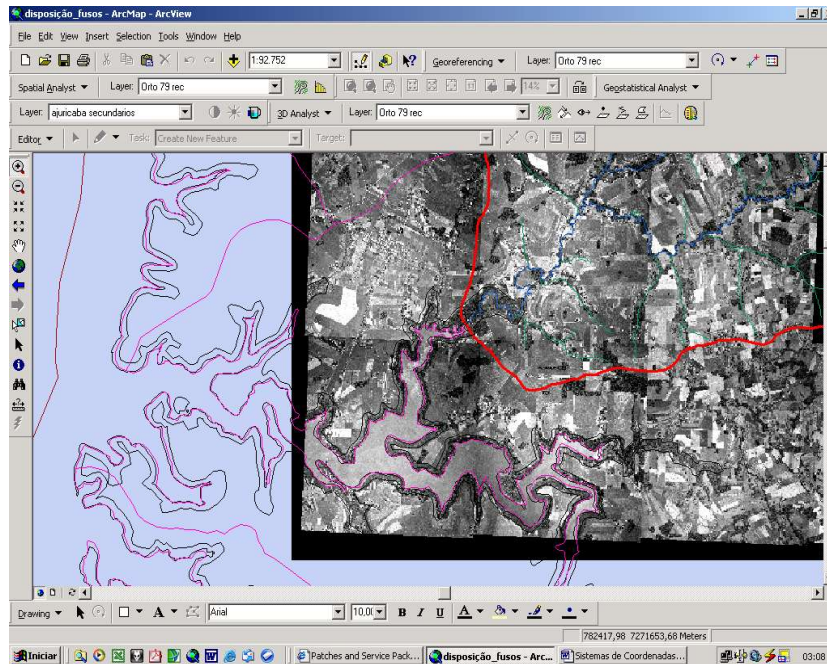


FIGURA 15 – Ampliação da figura anterior.

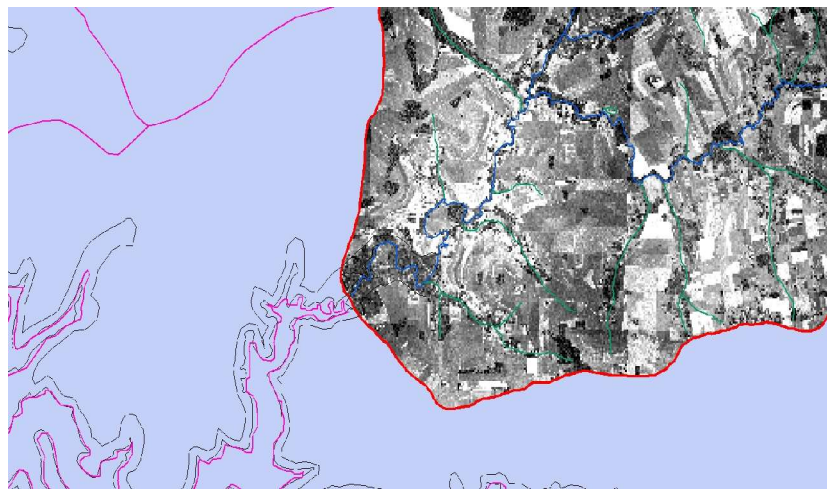


FIGURA 16 – Recorte da imagem de forma a se ajustar no contorno da microbacia.

Pela análise das figuras acima pode-se constatar que a transformação de coordenadas se deu de forma satisfatória, ou seja, a imagem que antes se encontrava deslocada, em virtude de estar referenciada em outro fuso dentro do sistema UTM, está na mesma base cartográfica em relação aos outros dados existentes. Sendo assim, a solução proposta para o problema inicial encontrado se mostrou adequada para o caso em questão.

3.2. Estudo de Caso da Bacia do Paraná III

O projeto do SIG a ser implantado prevê sua ampliação para a bacia do Paraná III após sua implementação inicial na área piloto. A bacia em questão, assim como a microbacia de primeira ordem do Ajuricaba, se encontra dividida entre os fusos UTM 21 e 22 (Figura 16), torna-se necessário então o estudo de soluções para contornar esse problema, de forma a integrar todos os dados sobre a bacia em uma mesma base cartográfica.

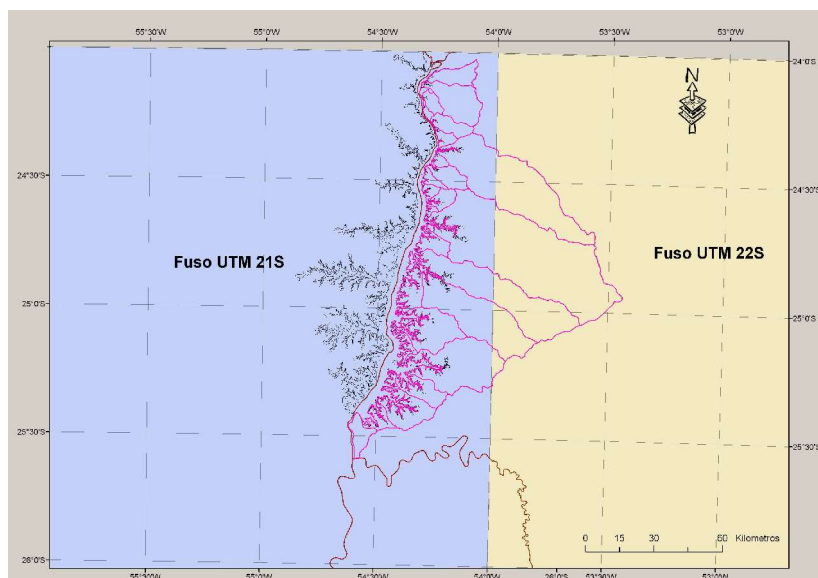


FIGURA 17 – Caracterização da Bacia do Paraná III em divisões de fuso de amplitude de 30'

A figura acima mostra a caracterização da Bacia do Paraná III e sua disposição entre os fusos UTM 21S e 22S. A figura se encontra dividida em meridianos de 30' de amplitude (aproximadamente 55 Km).

Pela análise da figura 17, pode-se propor pelo menos duas soluções para o problema de georreferenciamento dos dados da bacia.

Pode-se usar a propriedade de superposição de fusos do Sistema UTM e trabalhar os dados em apenas um único fuso UTM. Analisando a figura 17 dividida em meridianos de 30' pode-se constatar que a bacia se encontra dentro da região de 30' de superposição do fuso 22 com o fuso 21. Com isso pode-se adotar como fuso de referência para o referenciamento dos dados da bacia o fuso UTM 22S. Apesar dessa solução ser a mais simples (pois não envolve muitas transformações de coordenadas ou criação de um sistema de projeção novo) é a menos indicada em virtude das distorções encontradas em bordas de fusos. Essa distorção pode produzir erros significativos nas medidas dos dados que compoem o SIG da bacia em questão.

Outra solução seria a criação de um Sistema de Projeção RTM para a área da bacia em questão. O sistema de projeção RTM tem como característica fusos de 2° de amplitude (aproximadamente 220 Km), fazendo o meridiano central do sistema RTM coincidir com o meridiano de divisão dos fusos UTM 21S e 22S pode-se englobar toda a extensão da bacia em apenas um fuso, eliminando dessa forma o problema de divisão de fusos na área da bacia.

Em virtude de ser a solução com resultados mais precisos para a área em estudo, foi adotada para os trabalhos posteriores na área da Bacia a criação de um sistema de projeção RTM tendo como meridiano central o meridiano de 54°, assim abrangendo toda a área da bacia.. Essa solução permite, então trabalhar todos os dados constantes no banco de dados geográfico em um mesmo fuso.

As características do sistema RTM criado são:

- Projeção conforme de Gauss (superfície de projeção cilíndrica transversa).
- Fusos de 2 graus de amplitude.
- Fator de redução de escala $K_0 = 0,999995$ Distorção linear no meridiano central = $1/200000$
- Meridiano Central: $54^{\circ} 00' 00''$
- Distorção linear máxima: $1/200.000$ no meridiano central e $1/9.000$ no final do fuso.

6 Referências Bibliográficas

Carvalho, F., R.; *Cadastro Geoambiental Polivalente, Projeção TM (Conforme de Gauss)*. Informativo COCAR especial. Presidência da República, Secretaria de Planejamento, Comissão de cartografia, Brasília, Dezembro de 1984.

Duarte, P. A.; *Fundamentos de Cartografia. Florianópolis:* Ed. UFSC, 1994, 148p.

Hasenack, H.; Cordeiro, J.L.P.; Waslawick, W.; *GPS, Orientação e Noções de Cartografia – Notas de Aula;* UFRGS, Centro de Ecologia, Porto Alegre, 2003.

IBGE. *Noções básicas de cartografia 1999.* Rio de Janeiro. IBGE, 130 p. (Manuais Técnicos em Geociências n.8).

Kennedy, M; Kopp, S *Understanding Map Projections* Nova York, ESRI Press, 2000, 105p.

Kimmerling, A. J., *Geographical information systems and cartography.* Proceedings of the seminar on teaching conventional and digital map production lines. Istambul: ICA, p. 35-47. 1994.

Oliveira, C. *Dicionário Cartográfico.* 1983. Rio de Janeiro, IBGE.781 p.

Rocha, R., S.; *Algumas Considerações sobre as Projeções Cartográficas utilizadas no Brasil para Mapeamentos em grandes Escalas;* COBRAC 98, UFSC, Florianópolis, 1998, in ANAIS COBRAC 1998 (CD Rom).