

**Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROJETO BRA/14/G32 PIMS 3066 SERGIPE**



*Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.*

**CONTRATO DE SERVIÇOS ESPECIAIS Nº BRA10-34368
UNIDADE/AGÊNCIA: PROJETO BRA/14/G32**

PRODUTO 2

**“ESTUDO DE APRIMORAMENTO SAP IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE
FUNDO DE VALE E ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA”**

Consultor(a): Rita Marcia da Silva Pinto

Outubro / 2016

SUMÁRIO

	Pag.
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	4
3.1. ÁREA DE ESTUDO	4
3.2. DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE FUNDO DE VALE	5
3.3 VALIDAÇÃO DO DESEMPENHO DO HAND	8
3.4 ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA	15
4. RESULTADOS	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS ENTREGUES	22
7. ETAPAS FUTURAS	22
8. BIBLIOGRAFIA	23

FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	1
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	4
FIGURA 3 – EXEMPLO DE COMO FUNCIONA O MÉTODO FLOW DIRECTION	6
FIGURA 4 – EXEMPLO DE DETERMINAÇÃO DO FLUXO ACUMULADO	7
FIGURA 5 – EXEMPLO DE DISTÂNCIAS HIDROLÓGICAS	8
FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS PLANEJADOS PARA VISITA EM CAMPO	9
FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS PLANEJADOS NO MUNICÍPIO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO	11
FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS PLANEJADOS NOS MUNICÍPIOS DE MONTE ALEGRE DE SERGIPE E NOSSA SENHORA DA GLÁRIA	12
FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS PLANEJADOS NO MUNICÍPIO DE GARARU	14
FIGURA 11 – PLANEJAMENTO GERAL – ÁREA TOTAL	14
FIGURA 12 – FORMAS DE RELEVO CONSIDERADAS NO TPI.	15
FIGURA 13 – ALGORITMO DESENVOLVIDO PARA CRUZAR AS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DO HAND COM AS ÁREAS CONSIDERADAS DE VALES PELO TPI	16
FIGURA 14 – PLANEJAMENTO GERAL – ÁREA TOTAL	17
FIGURA 16 – RESULTADO REFERENTE À EXTRAÇÃO DA DRENAGEM	20

FIGURA 17 – DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE FUNDO DE VALE PELO HAND 21

TABELAS

TABELA 1 – PLANEJAMENTO DETALHADO DOS PONTOS CONFERIDOS EM CAMPO 10

TABELA 2 – VALORES DE HAND OBTIDOS NOS PONTOS VISITADOS EM CAMPO 17

1. INTRODUÇÃO

Especialmente em regiões de terras secas, a escassez de água é um fator limitante para o desenvolvimento socioeconômico, gerando conflitos e tensão devido à distribuição desigual e ao aumento da demanda que muitas vezes é maior que a oferta.

Segundo Sullivan (2003), para um gerenciamento racional da água é necessário integrar as complexas relações de gestão que vão desde questões de ordem natural à econômica. As diferenças entre a oferta e demanda de água associada, por exemplo, a dificuldade de acesso, priva as pessoas do suprimento mínimo necessário para agricultura e uso doméstico (Luna, 2007).

O Brasil apresenta extensas redes hidrográficas concentrando 18% do potencial de água de superfície do planeta (Maia Neto, 1997). No entanto, existe no país uma grande desigualdade na distribuição dos recursos hídricos, conforme pode ser observado na Figura 1.

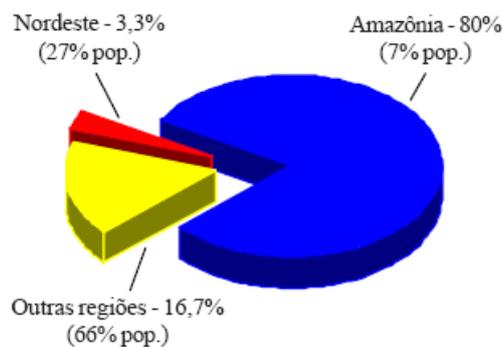


Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.

Fonte: Projeto Água (1998)

Analisando a Figura 1 pode-se constatar que a região Nordeste, é a que apresenta um crítico caso de falta de recurso hídrico, sendo a quantidade e qualidade da água decorrentes de condições climáticas, geológicas e geomorfológicas (Nascimento, 2013). A região também apresenta alta densidade demográfica sendo considerada a de clima semiárido mais populoso do mundo (Marengo, 2008), com mais de 53 milhões de habitantes sendo 34 habitantes por km² (IBGE, 2010).

O semiárido do Brasil ocupa uma área de aproximadamente 940 mil km², e enfrenta sérios problemas relacionados à falta de água, com períodos chuvosos abaixo de 800

mm por ano, sendo por isso apontada como uma das mais vulneráveis as alterações climáticas globais no próximo século (IPCC, 2007). As projeções indicam um aumento de temperatura de 1 °C até 2100 podendo chegar até 4,5 °C no pior cenário de emissões altas.

A vulnerabilidade natural associada às mudanças climáticas, em áreas altamente susceptíveis a degradação/desertificação do solo, com o aumento da demanda dos recursos hídricos pode dificultar ainda mais o acesso da população, principalmente mais pobre, à água, contribuindo para aumentar o êxodo rural em direção aos grandes centros urbanos ou para áreas que favoreça a agricultura de irrigação. Segundo Rodrigues e Viana (1997) a escassez hídrica está altamente relacionada à pobreza e não se pode pensar em conservar o meio ambiente impedindo o avanço do processo na região sem direcionar de forma igualitária, os recursos para combater ao mesmo tempo a pobreza.

O Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil elaborado pela SUDENE em 1980 dividiu a Região Nordeste em 24 unidades de planejamento formadas por bacias ou conjunto de bacias que definem áreas de captação da água de precipitação, demarcadas por divisores topográficos, nos quais toda a água captada converge para um ponto em comum de saída, o exutório (Filho et al.,1994, Nascimento, 2013). Os principais elementos componentes das bacias hidrográficas são os “divisores de água” (ou interflúvios) – cristas das elevações que separam a drenagem de uma e outra bacia, “fundos de vale” – áreas adjacentes a rios ou córregos e que geralmente sofrem inundações, “sub-bacias” – bacias menores, geralmente de alguma afluente do rio principal, “nascentes” – local onde a água subterrânea brota para a superfície formando um corpo d’água, “áreas de descarga” – locais onde a água escapa para a superfície do terreno, vazão, “recarga” – local onde a água penetra no solo recarregando o lençol freático, e “perfis hidrogeoquímicos” ou “hidroquímicos” – características da água subterrânea no espaço litológico (FARIA, 2008).

Atualmente a ocupação dos fundos de vales e planícies de inundação tem se constituído um motivo de atenção, dado o volume de impactos ambientais que podem causar. Essas áreas por apresentarem melhores condições em relação aos recursos hídricos, edáficos, de topografia e de cobertura vegetal, são regiões onde a intervenção humana ocorre de forma intensa e dinâmica (Borges, 2006, Souza e Oliveira, 2006). O impacto ambiental

que o uso desordenado nessas regiões pode ocasionar, sobretudo sobre os recursos renováveis, vem sendo discutido por diversos pesquisadores. Estudos constataram, por exemplo, que os desmatamentos nessas regiões, intensificam o assoreamento dos fundos de vales, desarticulando os ciclos hidrológicos, ocasionando sérios problemas de distribuição de água tanto em escala local como também regional e global (Nascimento, 2008). Os perímetros irrigados por sua vez, têm na salinização dos solos um dos maiores problemas uma vez que em áreas irrigadas, o uso de água com elevados teores de sais, associado ao manejo inapropriado da irrigação pode acelerar o processo de desertificação. Além disso, o uso de equipamentos pesados em solos com teores de água inadequados pode levar à compactação do mesmo (Sampaio et al., 2005). Segundo Nimer (1988), o uso inadequado do solo, através de técnicas de cultivos impróprias, em áreas sobre forte rigor climático e desequilíbrio dinâmico podem desencadear o empobrecimento de biomassa, levando a um processo irreversível de regeneração e conseqüentemente acelera o processo de degradação/desertificação. Já as áreas referentes às faixas periféricas de grandes e médios açudes têm sido pouco aproveitadas (Lins, 1989).

É importante salientar que está sendo considerado como área de fundo de vale os seguintes subtipos:

- áreas de colúvios – espaços localizados nos sopés de serras e/ou de chapadas;
- áreas de perímetros irrigados – localizados a jusante de barragens;
- margens ribeirinhas – espaços localizados nas margens de cursos de água;
- faixas de periferia de represas – áreas que contornam as bacias de acumulação de água dos açudes.

2. OBJETIVO

Sendo assim o objetivo dessa etapa do trabalho é o mapeamento das áreas de fundo de vale (áreas de colúvio, perímetros irrigados, margens ribeirinhas e faixas periféricas de represas) visando um planejamento mais realista de como essas áreas estão sendo impactadas pelo uso intenso do solo e em relação aos recursos hídricos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo refere-se ao Estado de Sergipe, localizado na região Nordeste do Brasil, situada na faixa próxima à zona equatorial ($9^{\circ}30' - 11^{\circ}35' S$, $36^{\circ}20' - 38^{\circ}15' W$), com extensão de aproximadamente 21.918, 493 km². Tem como limites os estados da Bahia (ao sul e a oeste) e Alagoas (ao norte, cuja fronteira é demarcada pelo rio São Francisco) e, a leste, o Oceano Atlântico (Figura 2). Possui 75 municípios e uma população atual de 2.068,017 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 94,36 hab./km², segundo último censo realizado em 2010 (IBGE, 2010).

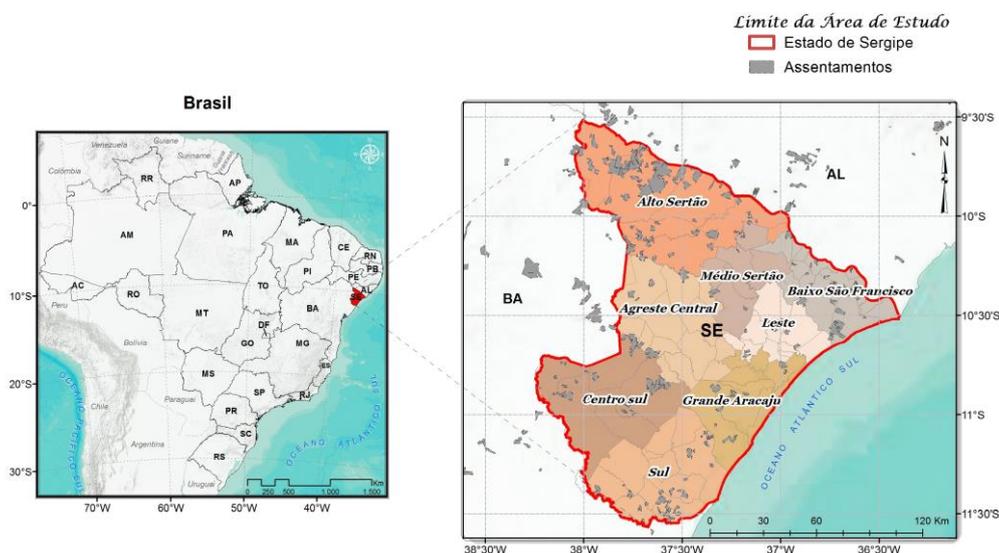


Figura 2 – Localização da área de estudo

A topografia do território sergipano é relativamente plana sendo encontrado em alguns locais relevo modestamente ondulado. A altitude na região não ultrapassa 300 metros, sendo identificados os seguintes climas: tropical quente e úmido (presente no litoral do Estado, com temperatura de 25°C e três meses de seca), tropical quente e semiúmido (presente em área de transição entre o litoral e o sertão, a temperatura média anual é de 30°C, o período de seca abrange 4 a 6 meses) e tropical quente e semiárido (na faixa do sertão, onde a temperatura média anual é de 40°C, o período de estiagem dura cerca de 8 meses).

3.2 Determinação de áreas de fundo de vale

Atualmente, o dado mais utilizado para representar o relevo de uma determinada região é o SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) que permite a reconstrução digital do relevo e geração do Modelo Digital do Terreno (MDT). O dado está disponível para maior parte do globo terrestre e apresenta uma resolução horizontal de 90m e vertical de 1m.

Para auxiliar nos estudos relacionados à caracterização do relevo, novos algoritmos estão sendo desenvolvidos. Com esse objetivo, um modelo muito utilizado para separar terrenos na atualidade está sendo o descritor de terrenos denominado HAND – Height Above the Nearest Drainage ou Altura Acima da Drenagem mais próxima (Nobre et al., 2010; Rennó et al., 2008). Pela utilização desse algoritmo é possível medir a diferença altimétrica entre qualquer ponto da grade do MDT e o respectivo ponto de escoamento na drenagem mais próxima, considerando a trajetória superficial de fluxo que liga topologicamente os pontos da superfície com a rede de drenagem. O resultado é uma grade que representa a normalização do MDT com relação à drenagem.

Nesse caso, todos os pontos ao longo da rede de drenagem, por serem pontos de referência final de altura, possuem cota zero (Cuartas, 2008). O modelo foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e têm sido empregado em vários trabalhos para mapear áreas de solos enxergados (brejos), áreas de várzeas (Mengue e Fontana, 2015) e também para definir áreas propensas a enchentes e desmoronamentos (Nobre, 2015, Ereno, 2010, Silveiro et al., 2010). Nesse contexto, a utilização do HAND mostra-se como uma ferramenta muito útil, de baixo custo e fácil implementação para delimitar com precisão as áreas de fundo de vale.

Sendo assim, no presente estudo o primeiro passo foi a criação de um Banco de dados no software TerraViewHidro com o nome de *Hand_Sergipe.mdb*.

Em seguida foi realizada a importação dos dados topográficos, no formato.tif, da Missão Topográfica Radar Shuttle (acrônimo em inglês SRTM), com resolução de 90m para dentro do banco de dados. Os dados topográficos são provenientes do Modelo Digital de Elevação, e foram distribuídos pela Agencia Espacial Americana e refinados pelo INPE. Tais informações são essenciais na caracterização de unidades de paisagem

com base em variáveis morfológicas (VALERIANO, 2008) e podem ser obtidas em <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>.

Para gerar o HAND foi necessário primeiramente determinar a *Direção do Fluxo de Drenagem* (DFD) em cada um dos pontos de grade. De acordo com RENNÓ et al. (2008), a direção de fluxo define as relações hidrológicas entre pontos diferentes dentro de uma bacia hidrográfica. A continuidade topológica para as direções de fluxo é, conseqüentemente, necessária para que uma drenagem funcional possa existir. Sendo assim, no presente trabalho, a direção de fluxo de água na rede de drenagem foi obtida pela função “flow direction”, que gera uma grade regular, definindo as direções de fluxo, tomando-se por base a linha de maior declividade do terreno. A nova grade numérica gerada determina a direção de maior declividade de um “pixel” em relação a seus oito “pixels” vizinhos. Assim, ocorre a descrição numérica da direção que a água irá percorrer (sempre direcionada para o ponto mais baixo) após atingir cada “pixel”, (Figura 3).

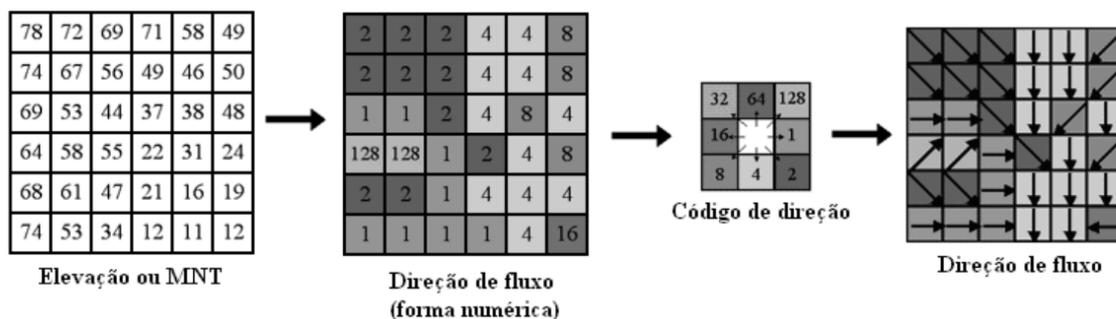


Figura 3 – Exemplo de como funciona o método Flow direction.
Fonte: Alves Sobrinho et al., 2010

A segunda etapa do processamento foi calcular, a partir do LDD, os valores com maior ocorrência de drenagem em cada célula da grade para definir a rede de drenagem. Para atingir esse resultado, foi utilizado o método da área de contribuição que permite identificar as células da grade onde se inicia os cursos d’água (headwater). Em cada célula da grade é calculado os valores de fluxos que estão sendo recebidos sendo que, quanto mais alto o valor da célula maior será a concentração do fluxo acumulado (Figura 4). Nesta etapa são testados vários limiares para indicar as células da grade onde se inicia os cursos d’água, quanto maior o limiar, menos pontos na grade serão encontrados e menor será a densidade de drenagem (Figura 4).

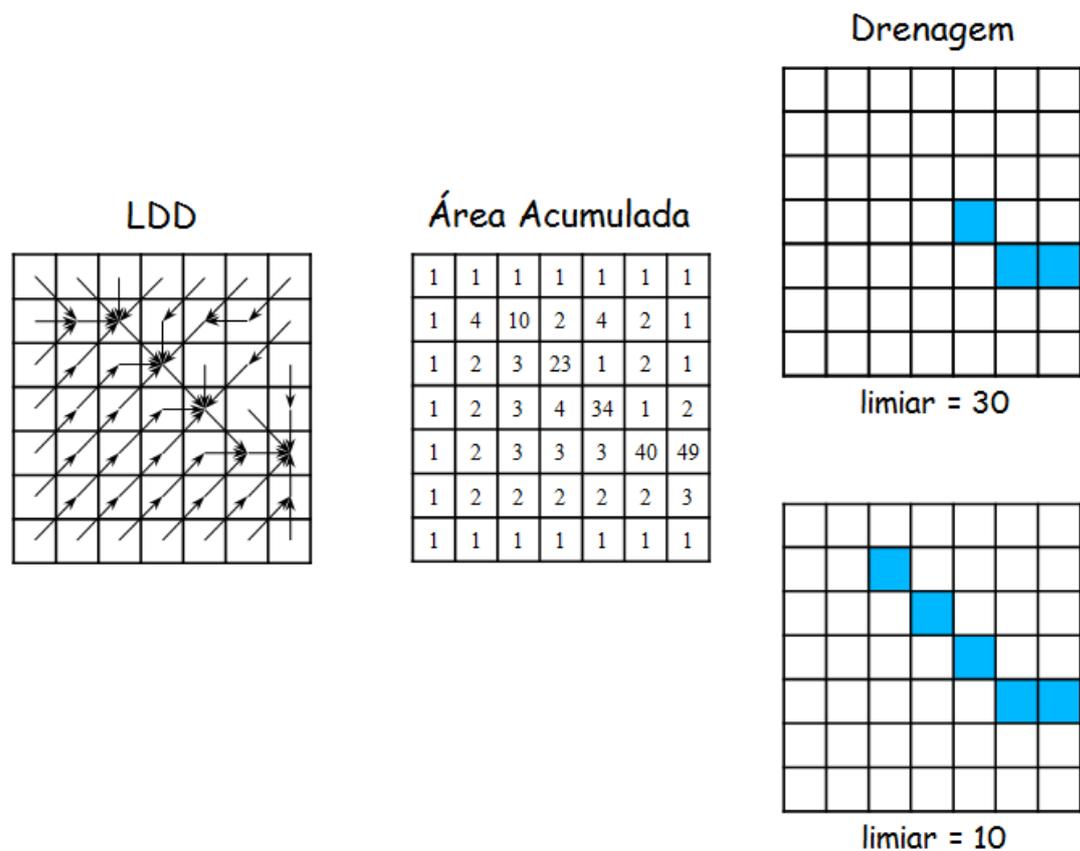


Figura 4 – Exemplo de determinação do fluxo acumulado
 Fonte: Rennó et al., 2008

O terceiro e último passo foi à geração do HAND onde o modelo classifica os pontos da grade com base nas distâncias verticais relativas, ao longo das trajetórias superficiais de fluxo, para o curso d'água mais próximo. Como resultado é produzido um MDT normalizado, onde em cada ponto de grade é gerado um novo valor altimétrico ajustado topograficamente à rede de drenagem (Figura 5).

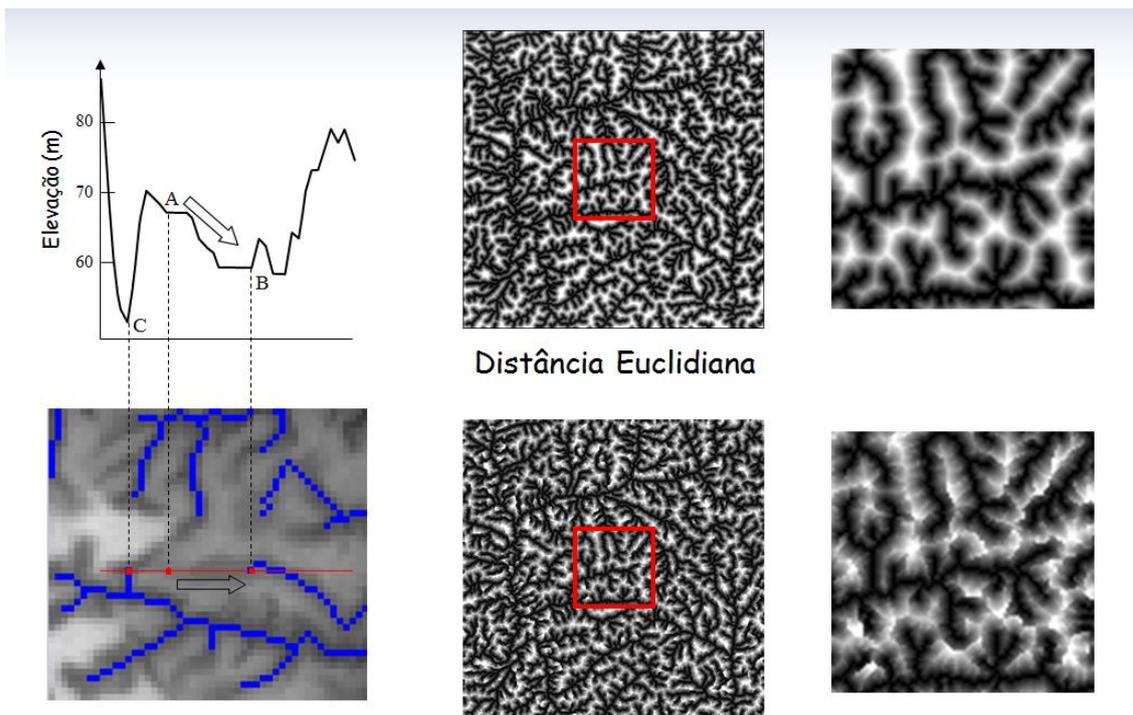


Figura 5 – Exemplo de distâncias hidrológicas
 Fonte: Rennó et al., 2008

3.3 Validação do desempenho do HAND

Para avaliar o desempenho do modelo HAND na delimitação das áreas de fundo de vale, foi planejado um trabalho de campo em alguns municípios que fazem parte do Alto Sertão Sergipano. A região foi escolhida para realizar o campo devido ao fato de apresentar conflitos relacionados à distribuição de água havendo sérias disputas entre um modelo de perímetro irrigado que iria beneficiar apenas a agricultura capitalista (ex. produção frutífera) e um modelo de irrigação que favorece os assentados, os posseiros e os pequenos agricultores (INCRA, 2006). Além disso, a região apresentou um crescente aumento populacional na década de 70 passando de 60 mil habitantes para 120 mil em 2000 sendo 1/3 desse crescimento correspondente à população rural. Juntamente com o crescimento populacional foi observado aumento das lavouras e das pastagens sendo esses respectivamente de 3,3% e 0,5% ao ano. Atualmente, devido a mais de 30 anos de ocupação desordenada, associada a práticas agrícolas não conservacionistas e ao clima semiárido da região, a região vem sofrendo acelerados processos de degradação ambiental levando a diminuição da caça e da extração vegetal da região (INCRA, 2006).

A Figura abaixo ilustra os 46 pontos que foram selecionados nos municípios que fazem parte do Alto Sertão Sergipano.

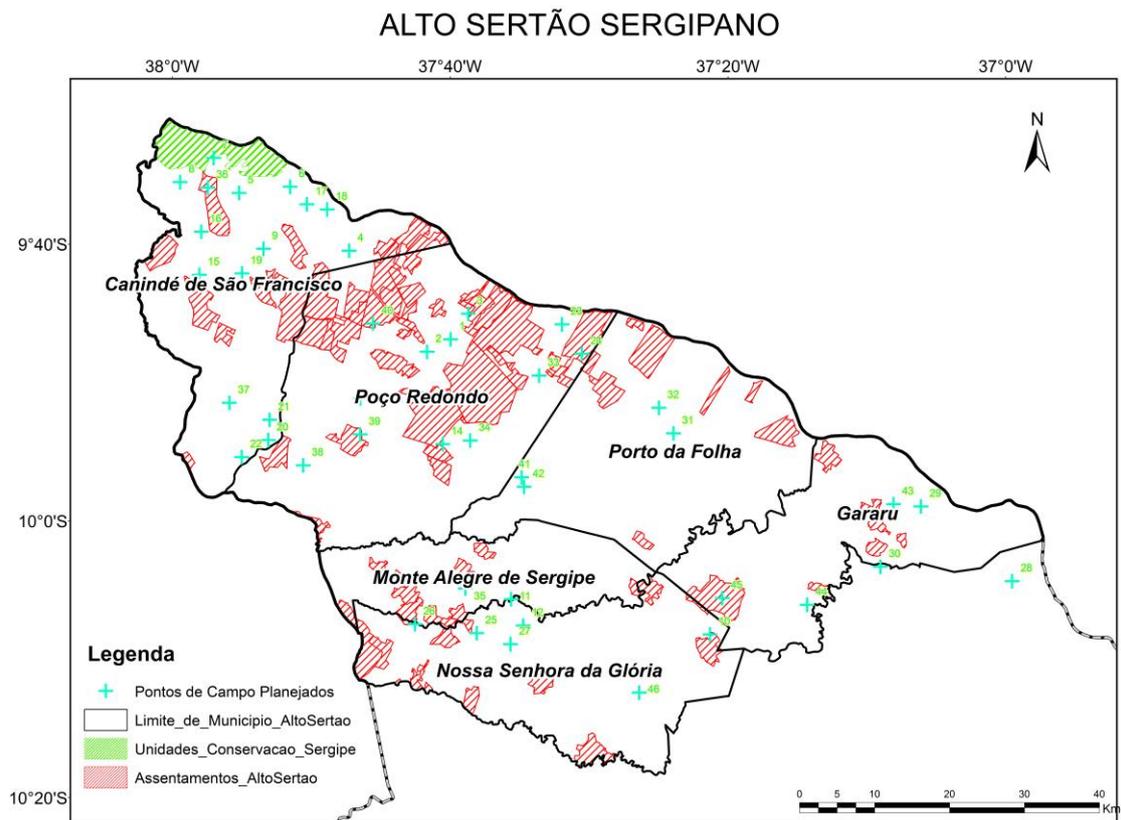


Figura 6 – Localização dos pontos planejados para visita em campo

O campo foi realizado no período de 12/09/2016 a 16/09/2016 procurando seguir o planejamento da tabela abaixo.

Tabela 1 – Planejamento detalhado dos pontos conferidos em campo

Data	DE	PARA	Horário Saída	Tempo de Percurso	Horário de Chegada	Permanência em cada ponto	Horário Finalizado	Quilometragem Percorrida (km)
12/09/2016	Sede	Pt 07	07:30:00	00:30:00	08:00:00	00:30:00	08:30:00	29.9
12/09/2016	Pt 07	Pt 08	08:30:00	00:30:00	09:00:00	00:30:00	09:30:00	18.6
12/09/2016	Pt 08	Pt 36	09:30:00	00:25:00	09:55:00	00:30:00	10:25:00	16.1
12/09/2016	Pt 36	Pt 05	10:25:00	00:08:00	10:33:00	00:30:00	11:03:00	6.7
12/09/2016	Pt 05	Pt 06	11:03:00	00:26:00	11:29:00	00:30:00	11:59:00	13.7
12/09/2016	Pt 06	Sede	11:59:00	00:41:00	12:40:00	01:00:00	13:40:00	29.3
12/09/2016	Sede	Pt 16	13:40:00	00:31:00	14:11:00	00:30:00	14:41:00	25.6
12/09/2016	Pt 16	Pt 15	14:41:00	00:16:00	14:57:00	00:30:00	15:27:00	9.6
12/09/2016	Pt 15	Pt 19	15:27:00	00:11:00	15:38:00	00:30:00	16:08:00	6.1
12/09/2016	Pt 19	Pt 09	16:08:00	00:13:00	16:21:00	00:30:00	16:51:00	10.8
12/09/2016	Pt 09	Sede	16:51:00	00:16:00	17:07:00			14.9
13/09/2016	Sede	Pt 17	07:30:00	00:17:00	07:47:00	00:30:00	08:17:00	10.8
13/09/2016	Pt 17	Pt 18	08:17:00	00:07:00	08:24:00	00:30:00	08:54:00	3.5
13/09/2016	Pt 18	Pt 04	08:54:00	00:17:00	09:11:00	00:30:00	09:41:00	9.9
13/09/2016	Pt 04	Pt 40	09:41:00	00:17:00	09:58:00	00:30:00	10:28:00	12.9
13/09/2016	Pt 40	Pt 02	10:28:00	00:15:00	10:43:00	00:30:00	11:13:00	12
13/09/2016	Pt 02	Pt 03	11:13:00	00:30:00	11:43:00	00:30:00	12:13:00	24.6
13/09/2016	Pt 03	Pt 01	12:13:00	00:13:00	12:26:00	00:30:00	12:56:00	6
13/09/2016	Pt 01	Poço Redondo	12:56:00	00:10:00	13:06:00	01:00:00	14:06:00	4
13/09/2016	Poço Redondo	Pt 37	14:06:00	00:57:00	15:03:00	00:30:00	15:33:00	50.8
13/09/2016	Pt 37	Pt 21	15:33:00	00:13:00	15:46:00	00:30:00	16:16:00	7.3
13/09/2016	Pt 21	Pt 20	16:16:00	00:15:00	16:31:00	00:30:00	17:01:00	3.22
13/09/2016	Pt 20	Sede	17:01:00	00:46:00	17:47:00			37
14/09/2016	Sede	Pt 39	07:30:00	00:45:00	08:15:00	00:30:00	08:45:00	20.51
14/09/2016	Pt 39	Pt 13	08:45:00	00:21:00	09:06:00	00:30:00	09:36:00	8.41
14/09/2016	Pt 13	Pt 14	09:36:00	00:49:00	10:25:00	00:30:00	10:55:00	25.8
14/09/2016	Pt 14	Pt 34	10:55:00	00:12:00	11:07:00	00:30:00	11:37:00	9.8
14/09/2016	Pt 34	Pt 42	11:37:00	00:13:00	11:50:00	00:30:00	12:20:00	10.3
14/09/2016	Pt 42	Pt 41	12:20:00	00:30:00	12:50:00	00:30:00	13:20:00	1
14/09/2016	Pt 41	Monte Alegre de Sergipe	13:20:00	00:14:00	13:34:00	01:00:00	14:34:00	10.1
14/09/2016	Monte Alegre de Sergipe	Pt 26	14:34:00	00:22:00	14:56:00	00:30:00	15:26:00	22.5
14/09/2016	Pt 26	Pt 35	15:26:00	00:15:00	15:41:00	00:30:00	16:11:00	8.5
14/09/2016	Pt 35	Pt 11	16:11:00	00:20:00	16:31:00	00:30:00	17:01:00	5.5
14/09/2016	Pt 11	Sede	17:01:00	00:58:00	17:59:00			60.4
15/09/2016	Sede	Pt 23	07:30:00	01:10:00	08:40:00	00:30:00	09:10:00	43.2
15/09/2016	Pt 23	Pt 24	09:10:00	00:11:00	09:21:00	00:30:00	09:51:00	5.2
15/09/2016	Pt 24	Pt 33	09:51:00	00:30:00	10:21:00	00:30:00	10:51:00	25.8
15/09/2016	Pt 33	Pt 32	10:51:00	00:29:00	11:20:00	00:30:00	11:50:00	22
15/09/2016	Pt 32	Pt 31	11:50:00	00:12:00	12:02:00	00:30:00	12:32:00	5.9
15/09/2016	Pt 31	Monte Alegre de Sergipe	12:32:00	00:38:00	13:10:00	01:00:00	14:10:00	27.9
15/09/2016	Monte Alegre de Sergipe	Pt 46	14:10:00	00:20:00	14:30:00	00:30:00	15:00:00	25.9
15/09/2016	P 46	Pt 45	15:00:00	00:50:00	15:50:00	00:30:00	16:20:00	29.3
15/09/2016	Pt 45	Sede	16:20:00	01:57:00	18:17:00		18:17:00	106
16/09/2016	Sede	Pt 43	07:30:00	01:52:00	09:22:00	00:30:00	09:52:00	107
16/09/2016	Pt 43	Pt 29	09:52:00	00:27:00	10:19:00	00:30:00	10:49:00	8
16/09/2016	Pt 29	Pt 28	10:49:00	00:37:00	11:26:00	00:30:00	11:56:00	28
16/09/2016	Pt 28	Nossa Senhora de Loudes	11:56:00	00:21:00	12:17:00	01:00:00	13:17:00	10.3
16/09/2016	Nossa Senhora de Loudes	Pt 30	13:17:00	00:22:00	13:39:00	00:30:00	14:09:00	11.4
16/09/2016	Pt 30	Pt 44	14:09:00	00:39:00	14:48:00	00:30:00	15:18:00	13.4
16/09/2016	Pt 44	Pt 10	15:18:00	01:08:00	16:26:00	00:30:00	16:56:00	41
16/09/2016	Pt 10	Sede	16:56:00	01:36:00	18:32:00			92.4
Total								1148.84

Para agilizar o processo de localização dos pontos foram geradas cartas, por municípios, contendo a localização (coordenadas) de cada um dos pontos selecionados, conforme figuras abaixo.

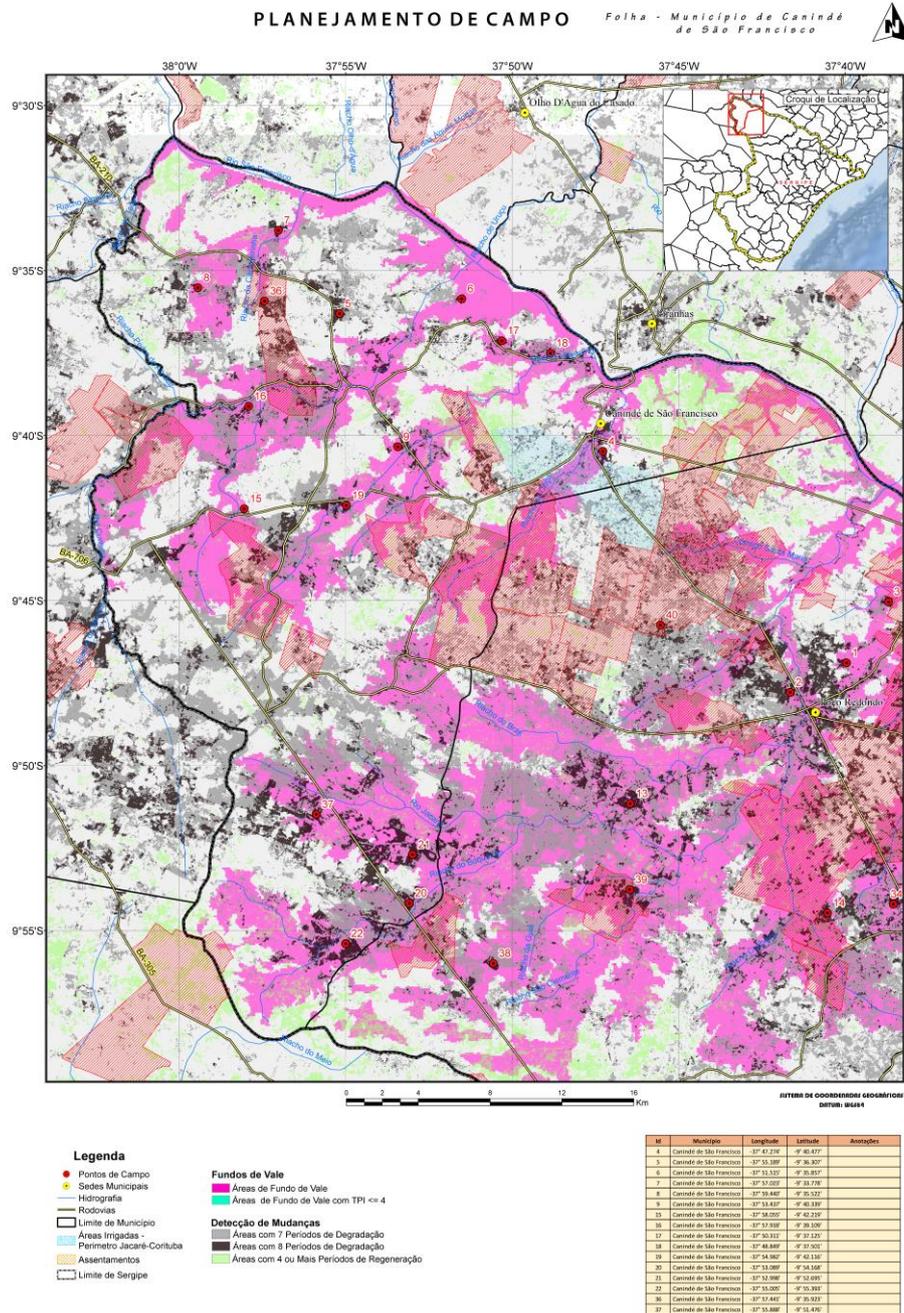


Figura 7 – Localização dos pontos planejados no município de Canindé de São Francisco

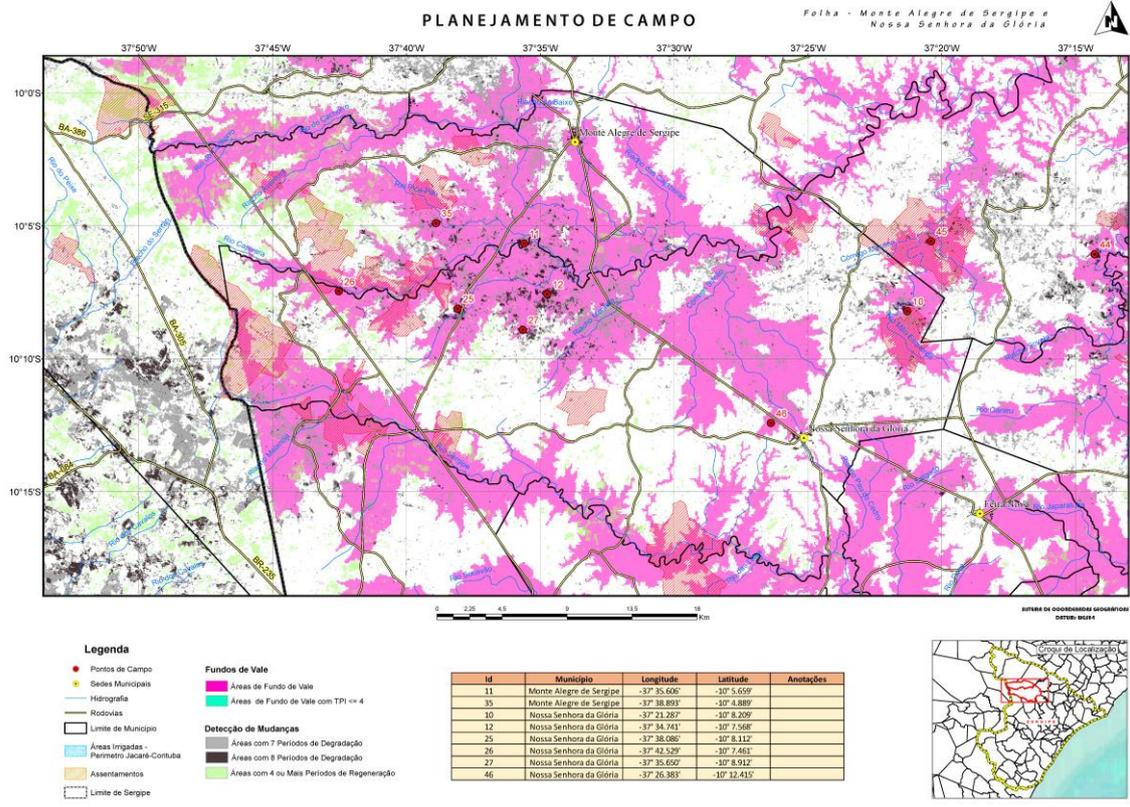


Figura 8 – Localização dos pontos planejados nos municípios de Monte Alegre de Sergipe e Nossa Senhora da Glória

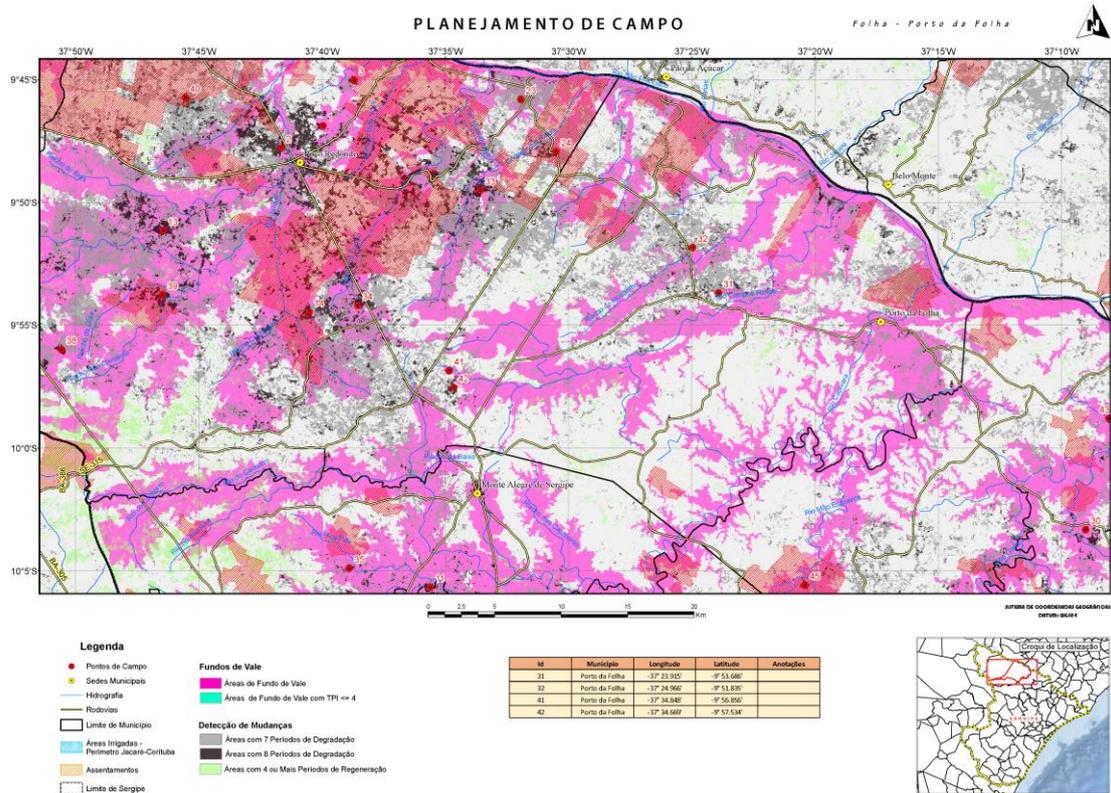


Figura 9 – Localização dos pontos planejados no município de Porto da Folha

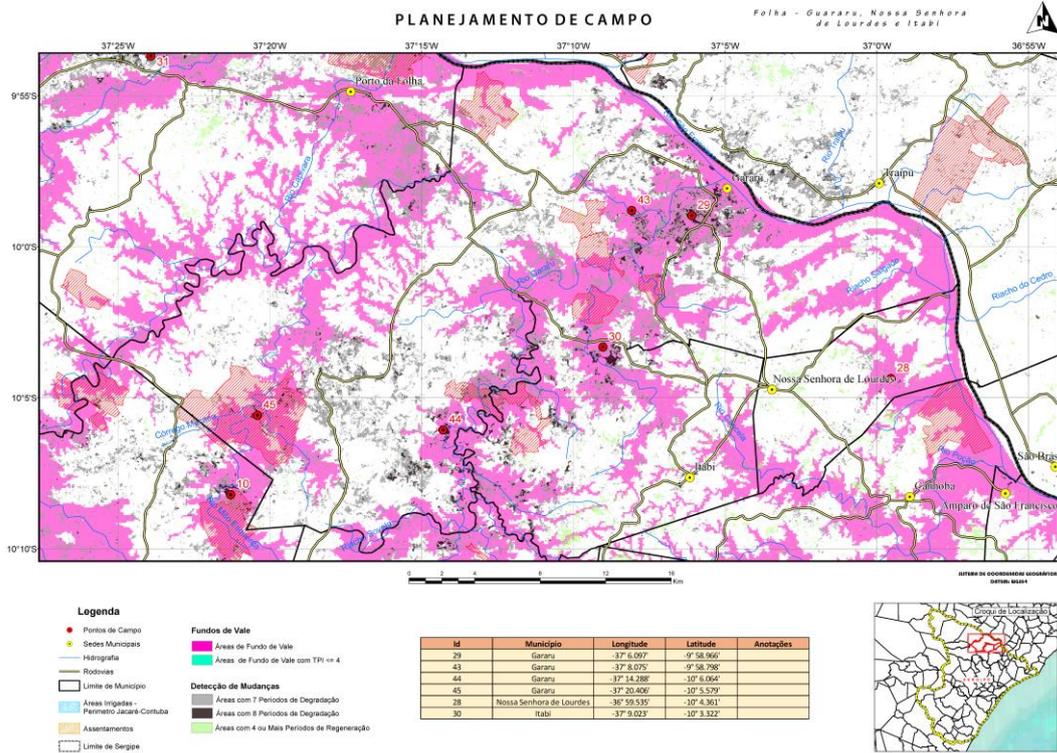


Figura 10 – Localização dos pontos planejados no município de Gararu

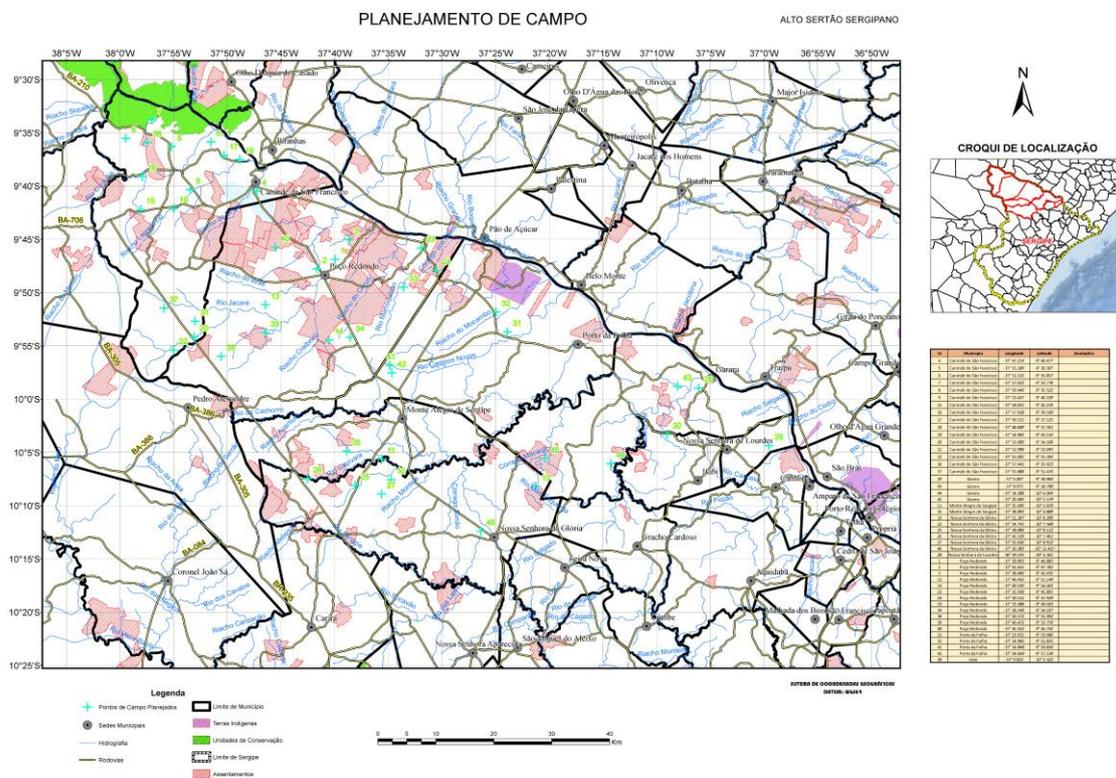


Figura 11 – Planejamento Geral – Área Total

3.4 Índice de posição Topográfica

Além de o HAND ser validado em campo, este ainda foi confrontado com o Índice de Posição Topográfica (“Topographic Position Index” – TPI) para excluir qualquer erro de classificação.

O TPI é um modelo matemático que difere a elevação de uma célula em relação à média de elevação das células vizinhas (Jennes, 2006). Neste modelo os valores positivos representam que a célula tem um valor maior que sua vizinhança e pode indicar um topo de morro/colina. Valores nulos indicam a presença de áreas planas ou áreas de encostas e valores negativos indicam áreas de fundo de vale. Segundo Jenness (2006) as classes para classificar a declividade podem ser classificadas de acordo com a Figura 12.

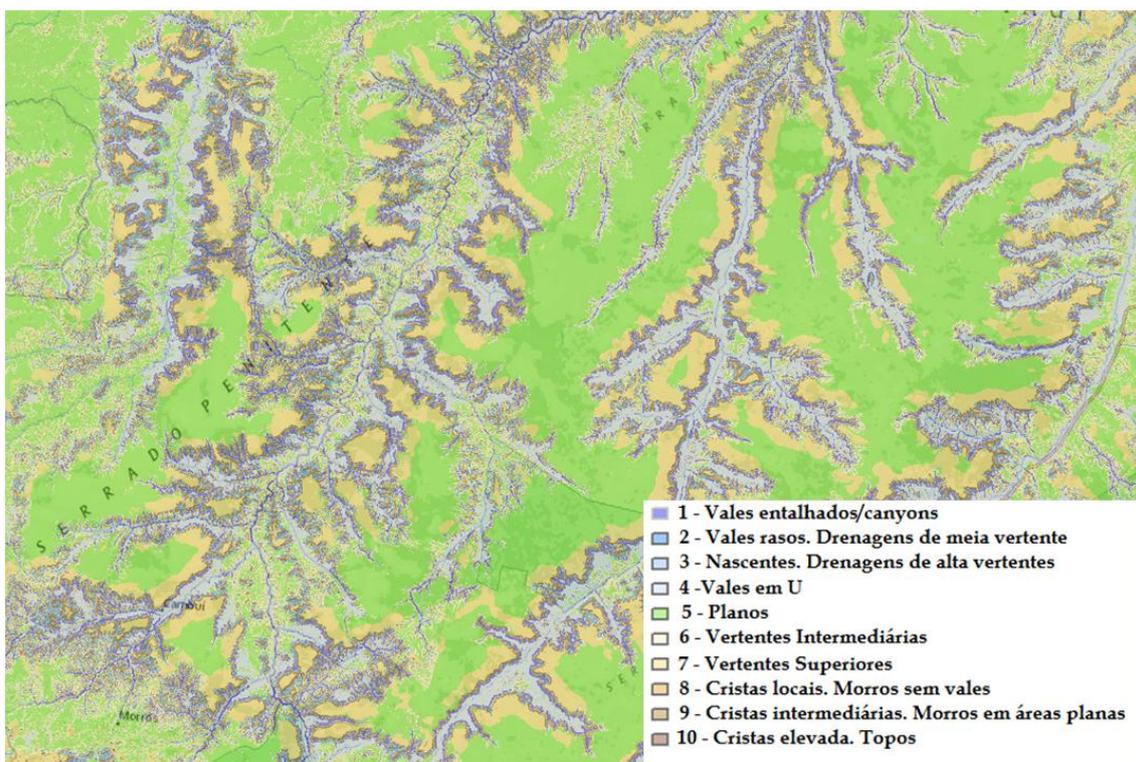


Figura 12 – Formas de relevo consideradas no TPI.

No presente trabalho, as formas de relevo que interessam estão incluídas entre os valores 1 e 4 do TPI que distingue as áreas de vales entalhados, vales rasos, nascentes e vales em U. Para cruzar as informações geradas pelo HAND com as áreas que interessam no TPI, foi desenvolvido, no software ArcGis, um algoritmo capaz de selecionar no HAND apenas os valores compreendidos entre 1 e 8 (porque foram esses valores que foram obtidos pela conferência em campo) e onde os valores de TPI fossem menor ou igual a 4, conforme ilustrado na Figura 13.

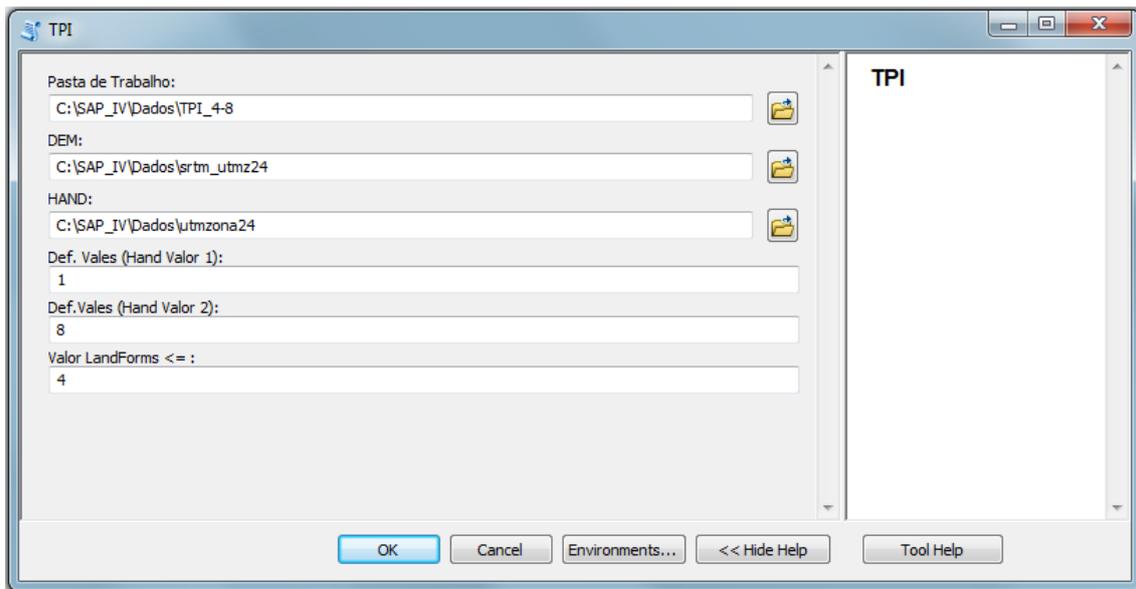


Figura 13 – Algoritmo desenvolvido para cruzar as informações extraídas do HAND com as áreas consideradas de vales pelo TPI.

4. Resultados

Apesar de ter sido feito todo um planejamento antecipado dos pontos que seriam visitados em campo alguns deles tiveram que ser um pouco deslocados de sua posição inicial, ou até mesmo descartados, devido à dificuldade de localização e acesso dos mesmos em campo conforme pode ser observado na Figura 14. Apesar dos contratempas a quantidade de pontos coletados em campo não foi afetada sendo possível coletar 64 pontos (18 pontos a mais do que foi planejado) coletados em um percurso de aproximadamente 1.148 km.

ALTO SERTÃO SERGIPANO

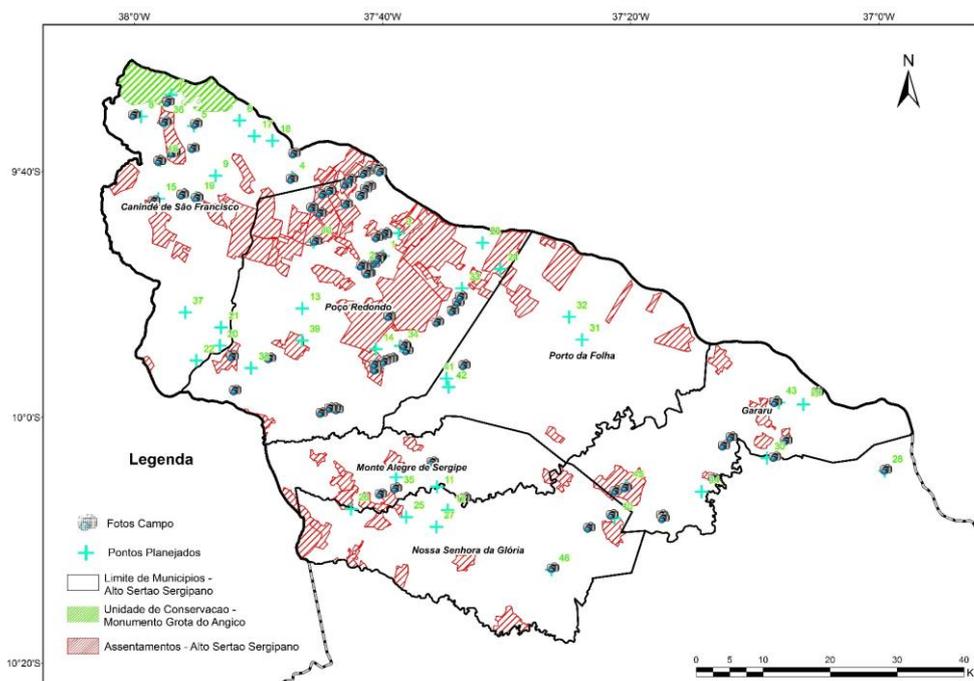


Figura 14 – Planejamento Geral – Área Total

Os pontos coletados em campo foram espacializados novamente sendo conferidos, na imagem, os valores de HAND descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de HAND obtidos nos pontos visitados em campo

Pontos	Profundidade (m)	Pontos	Profundidade (m)
1	15	51	2
2	25	52	12
3	26	54	3
4	23	55	3
5	24	56	6
7	25	59	26
8	26	60	11
10	3	61	25
11	4	62	7
12	4	63	13
14	4	64	23
15	5	65	16
16	4	69	29
19	3	70	6
24	4	71	11
26	9	73	29

Continuação Tabela 2

Pontos	Profundidade (m)	Pontos	Profundidade (m)
28	18	77	4
29	10	78	5
33	10	79	5
34	8	80	7
35	29	81	6
38	8	82	8
39	8	83	7
42	5	84	4
43	11		
44	6		
45	9		
46	7		

A partir das medidas da distância da altura vertical da drenagem mais próxima constatada em campo foi possível calcular o quartil (valor 5) e a mediana (valor 8) e rodar o HAND de uma forma mais realista optando por utilizar o valor da mediana. As figuras abaixo ilustram os resultados obtidos, em cada uma das etapas seguidas para gerar o HAND final.



Figura 15 – Resultado referente à extração da direção do fluxo de drenagem

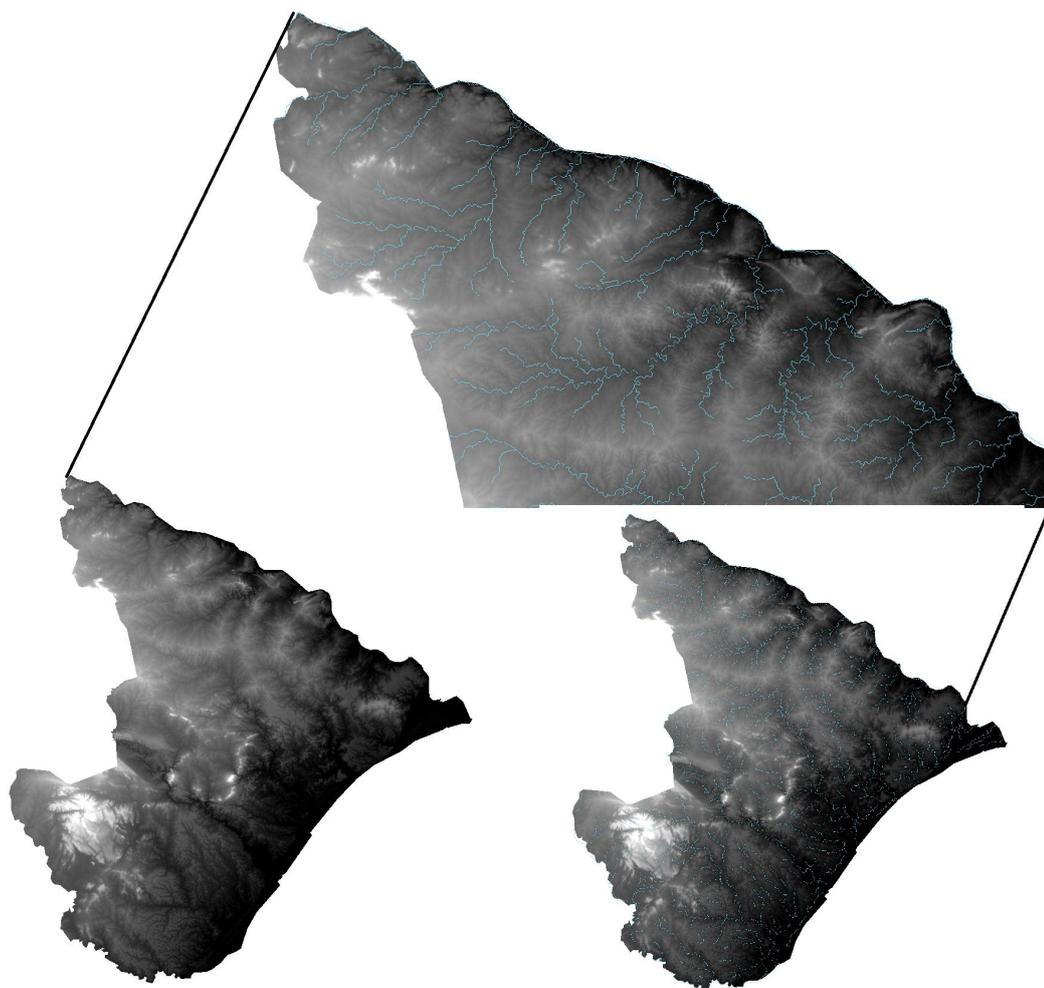


Figura 16 – Resultado referente à extração da drenagem

A Figura 17 ilustra o resultado final referente ao mapeamento das áreas delimitadas como fundo de vale pelo modelo HAND validado em campo.

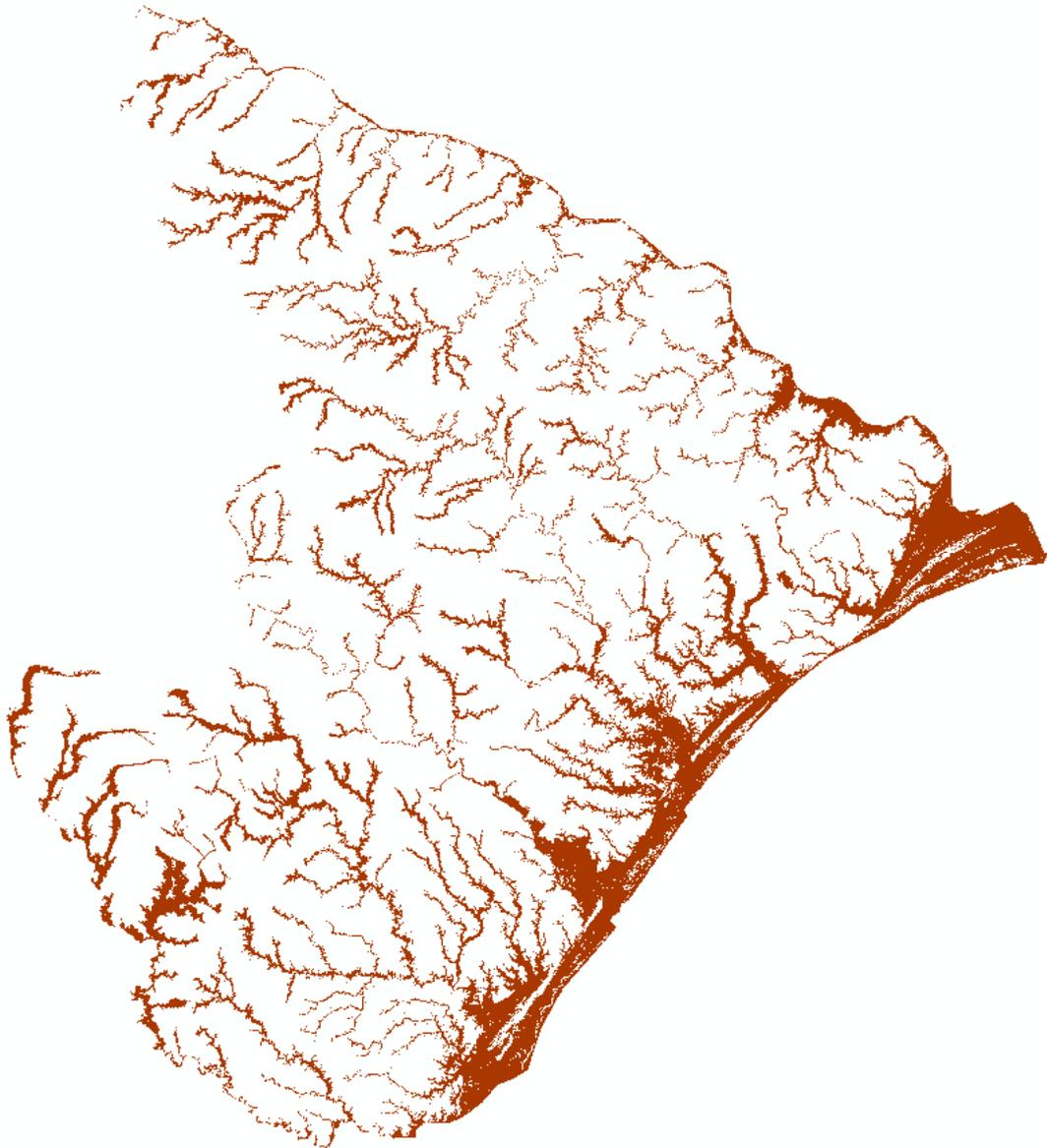


Figura 17 – Delimitação das áreas de Fundo de vale pelo HAND

5. Considerações finais

O modelo HAND mostrou-se bastante viável para representar a drenagem da região de estudo. No entanto, ao comparar a drenagem do HAND com a gerada pela ANA um problema encontrado foi em relação ao comprimento dos rios que, em alguns locais foi traçado pelo HAND de forma menor a realidade, definindo pontos de nascentes em locais inadequados. No entanto, essas áreas estavam próximas da realidade o que leva a concluir que, a delimitação das áreas de fundo de vale e da drenagem pelo modelo HAND será de grande importância para auxiliar na identificação de nascentes e áreas

riparias agilizando dessa forma as ações de preservação por parte dos tomadores de decisão.

6. Descrição dos produtos entregues

Nesta etapa do projeto estão sendo entregues os seguintes arquivos:

- 1- Pasta identificada com o nome Bd_TerraHidro contendo banco de dados gerado no TerraHidro cujo nome é *Hand_Sergipe.mdb*.
- 2- Pasta identificada com o nome de *Arquivos_FotosCampo_Campanha1109-160916*, contendo as fotos tiradas em campo. Todas as fotos estão com coordenadas, informação de azimute e altitude.
- 3- Pasta com o nome *Documentação* onde encontram-se os arquivos: 1) Relatório_ProdutoII.doc; 2) Relatório_ProdutoII.pdf ; 3) Carta de encaminhamento.

7. Etapas futuras

Devido ao fato de a escassez hídrica estar altamente relacionada à pobreza e de que, não se pode pensar em conservar o meio ambiente impedindo o avanço do processo na região sem direcionar de forma igualitária os recursos para combater ao mesmo tempo a pobreza, a próxima etapa do projeto será desenvolver um índice capaz de analisar de forma multidisciplinar e, em diferentes escalas, aspectos de natureza hídrica e ambientais. Um método muito utilizado na supervisão dos recursos hídricos é o Índice de Pobreza Hídrica (IPH) que permite identificar e estimar como a escassez hídrica afeta o desenvolvimento de uma região e monitorar os recursos hídricos (SULLIVAN, 2003) levando em consideração critérios como qualidade, acesso, disponibilidade e uso da água juntamente com os impactos no meio ambiente (Sullivan, 2002, Sullivan&Meighs 2007, Lawrence et al. 2002).

Além disso, pretende-se ao final do trabalho cruzar as informações extraídas do índice de pobreza hídrica com as referentes à delimitação das áreas de fundo de vale visando identificar áreas ripárias que possam estar sobre forte pressão antrópica e de pobreza para auxiliar e agilizar, os tomadores de decisão, nas intervenções para conservação e preservação do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Nesta etapa do projeto gostaríamos de agradecer o apoio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH do Estado de Sergipe, mais especificamente ao Eng. Florestal Elísio Marinho dos Santos Neto que, com muito empenho e competência acompanhou a equipe no campo fornecendo todas as informações necessárias para o aprimoramento dos trabalhos que estão sendo realizados na região. Também gostaria de agradecer ao Eng. Florestal Thiago Roberto Soares Vieira da Sociedade Semear e Jeane Andrade Gomes da Secretaria de Estado da Educação que auxiliaram no deslocamento em campo. Finalmente gostaríamos de agradecer a paciência e esforço do motorista da SEMARH Edijanio Araújo do Nascimento que percorreu aproximadamente uma distância de 1400 km possibilitando a coleta/identificação dos pontos.

8. Bibliografia

Alves Sobrinho, T.; Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B.; Ayres, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.46-57, 2010.

Borges, J.Q. O impacto da ocupação de fundos de vale em áreas urbanas. Caso: Córrego do Gregório – São Carlos (SP). Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2006.

Cuartas, L. A. Estudo observacional e de modelagem hidrológica de uma micro-bacia em floresta não perturbada na Amazônia Central. Tese de Doutorado. São José dos Campos: INPE, 2008. 236p.

Ereno, D. Para evitar novos flagelos. Pesquisa FAPESP, São Paulo, v. 171, p. 16 - 21, maio, 2010.

Filho, J.G.C. (org.). (1994) Projeto Áridas: uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. GTII. Recursos Hídricos: II.2 – Sustentabilidade do Desenvolvimento do Semiárido sob o ponto de vista dos Recursos Hídricos. Brasília. Ed do MMA, 102 p.

IPCC: Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., and Miller, H. L., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sinope do Censo Demográfico 2010. 2011.

Lawrence, P., Meigh, J. & Sullivan, C. 2002. The Water Poverty Index: an international comparison. Keele Economics Research Papers, 24 p.

Lins, Rachel Caldas et al. Áreas de exceção do agreste de Pernambuco. SUDENE, Recife, 1989.

Luna, R. M., 2007. Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica para o Semi-Árido Brasileiro. Tese de doutorado. UFC. Fortaleza, Ceará.

Maia Neto, R.F. 1997. Água para o desenvolvimento sustentável. A Água em Revista, Belo Horizonte, n.9, p.21-32.

Manandhar, S.; Pandey, V.P.; Kazama, F. 2011. Application of Water Poverty Index (WPI) in Nepalese Context: A Case Study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). Water Resources Management, Japão, v. 26, p.89-107.

Marengo, J. A. 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. Parcerias Estratégicas. v. 27, p. 149-75.

Mengue, V. P. and Fontana, D. C. 2015. Avaliação da dinâmica espectro-temporal visando o mapeamento dos principais cultivos de verão no Rio Grande do Sul. Bragantia [online]. 2015, vol.74, n.3, pp. 331-340. ISSN 1678-4499.

Nascimento, F.R. 2013. O fenômeno da desertificação. Goiânia: Ed. UGG, 240 p.

Nascimento, F.R., Cunha, S.B., Souza, M.J., Cruz, M.L.B. 2008. Diagnóstico Geoambiental da bacia hidrográfica semiárida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 28, n. 1, p.41-62.

Nimer, E. 1988. Desertificação: realidade ou mito? Revista Brasileira de Geografia. v. 50, n. 1, p. 7-39.

Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Momo, M. R., Severo, D. L., Pinheiro, A., and Nobre, C. A. (2015) HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. Hydrol. Process.,doi: 10.1002/hyp.10581.

Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Hodnett, M.; Rennó, C. D.; Rodrigues, G. O.; Silveira, A. C.; Waterloo, M. J.; Saleska, S. R. 2010. Height Above the Nearest Drainage, a hydrologically relevant new terrain model. Submitted to Journal of Hydrology.

Rennó, C. D., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M. 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. Remote Sensing of Environment 112, 3469- 3481.

Rodrigues, M.I.V. e Viana M.O.L. 1997. Desertificação e Construção de um Coeficiente Interdisciplinar para o Estado do Ceará - Anais do Segundo Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, p. 66-95.

Sampaio, E.V.S.B.; Araújo, M.S.B., Sampaio, Y.S.B. Impactos Ambientais da Agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Solos, Sustentabilidade e Qualidade Ambiental, 30, 2005, Recife. Anais... Recife-PE: SBCS, UFRPE, Embrapa.

Silveira, A., Nobre, A. D., Rodrigues, G. Computational Aspects in Mapping risk areas for São Paulo Metropolitan Zone applying the new HAND Terrain Model. Conference of Computational Interdisciplinary Sciences – CCIS. Anais... São José dos Campos: INPE. São José dos Campos, 2010.

Souza, M. J. N. e Oliviera, V. P. V. 2006. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. Mercator Revista de Geografia da UFC, 85-102.

Sullivan, C. & Meigh, J. 2007. Integration of biophysical and social sciences using an indicator approach: addressing water problems at different scales. Water Research Management 21: 11-128.

Sullivan, C. 2003 et al. The water poverty index: development and application at the community scale. En: Natural Resources Forum 27, pp. 189 – 199, Gran Bretaña, Naciones Unidas publicado por Blackwell Publishing, <http://www2.soas.ac.uk/Geography/WaterIssues/OccasionalPapers/AcrobatFiles/OCC65.pdf>

Sullivan, C. 2002. Calculating a Water Poverty Index. World development 30: 1195-1210.

Zhang, Q.; Liu, B.; Zhang, W.; Jin, G.; Li, Z. 2014. Assessing the regional spatiotemporal pattern of water stress: A case study in Zhangye City of China. Physics and Chemistry of the Earth, 1474-7065, Elsevier.



Rita Marcia da Silva Pinto Vieira

CPF: 144.699.298-59

