



**RELATÓRIO TÉCNICO
PLANO DE TRABALHO – PRODUTO I**

**Termo de Referência RC 29472
Contrato N.º BRA 10-34368**

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

**PROJETO BRA/14/G32 – MANEJO DO USO SUSTENTÁVEL DA TERRA NO
SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO (SERGIPE)**

CONSULTOR: Rita Marcia da Silva Pinto Vieira

Junho 2016

SUMÁRIO

	Pag.
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1 ÁREA DE ESTUDO	5
3.2 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE FUNDO DE VALE	6
3.3 ADEQUAÇÃO E APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA	7
4. PRODUTOS OU RESULTADOS PREVISTOS	9
5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	9
6. BIBLIOGRAFIA	10

FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	1
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5

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.

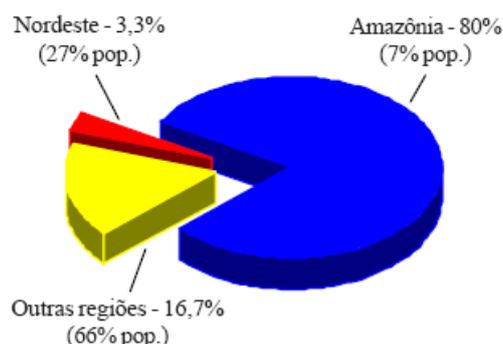


Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.

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 estudado 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.

Devido à complexidade do problema que envolve relações de ambiente, saúde e sociedade torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de uma metodologia capaz de integrar indicadores que represente a realidade de regiões mais carentes. 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). Pela aplicação desse método é possível analisar de forma multidisciplinar e, em diferentes escalas, aspectos de natureza hídrica e ambientais levando em consideração critérios

como qualidade, acesso, disponibilidade e uso da água juntamente com os impactos no meio ambiente (Sullivan, 2002, Lawrence et al. 2002).

O IPH já vem sendo utilizado em vários estudos que visam melhorias no manejo dos recursos hídricos em diversos países. Zhang Q. et al. (2014), por exemplo, adaptaram para seis municípios de uma região árida no interior da China o IPH a fim de fornecer prioridades nas políticas de manejo considerando a variabilidade espacial da disponibilidade hídrica. Os autores concluíram que a avaliação geral do estresse hídrico quando analisado apenas em um período de tempo curto pode limitar a compreensão das variações geográficas na dinâmica do estresse hídrico gerando implementação de estratégias inadequadas. Dessa forma, ao analisar uma série longa de dados (2005-2011) foi possível observar que o estresse hídrico está tornando-se mais graves para a maioria dos municípios de Zhangye. Os resultados mostram que o condado de Shandam apresenta distinta variação espacial em relação a escassez e stress de água refletindo uma política progressista em matéria de acesso e boa gestão dos recursos hídricos. Em contraste, o distrito de Ganzhou, o mais populoso de Zhangye, tem enfrentado sérios problemas referentes à escassez hídrica sendo considerado com má gestão de água. Outro estudo, desenvolvido por Manandhar et. al. (2011), também aplicando o IPH em uma bacia do Nepal, conclui que para uma distribuição mais adequada dos recursos hídricos, as intervenções políticas e os planos de gestão devem ser analisados em escalas específicas para cada região de estudo. No Brasil, Luna (2007) aplicou o IPH para identificar o nível de severidade da pobreza hídrica em municípios que fazem parte da bacia do Salgado, Estado do Ceará, localizada na região Nordeste do Brasil. A autora conclui que os diferentes aspectos relacionados à água referentes à disponibilidade, acesso, capacidade e meio ambiente, contribuem de forma diferente para a pobreza das populações. Os resultados indicaram que os índices são baixos para todos os municípios que compreende a bacia do Salgado, no entanto, os valores mínimos foram encontrados nos municípios de Umari, Jardim, Abaiara e Caririaçu, sendo esses os de maior pobreza e que devem ser priorizados quanto ao planejamento e intervenção de políticas.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente 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, auxiliando desta forma para que os tomadores de decisão possam agir de forma mais precisa sobre as áreas onde a degradação ambiental ocorre de forma intensa e o crescimento populacional é maior.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar áreas de fundo de vale (colúvios, perímetros irrigados, margens ribeirinhas e faixas periféricas de represas no Estado de Sergipe).
2. Aplicar o IPH nos municípios que estiverem inseridos nas áreas delimitadas como sendo de fundo de vale.

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).

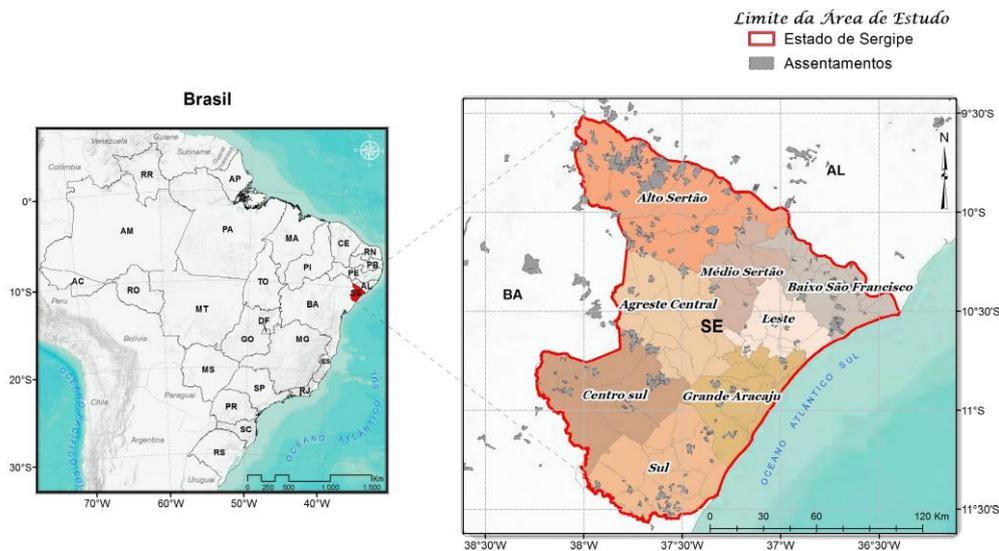


Figura 2 – Localização da área de estudo

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). Quanto à cobertura vegetal, há o predomínio da vegetação litorânea (coqueiros, vegetação rasteira e mangue) e caatinga no centro do estado (disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-sergipe.htm>).

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 tem 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.

O primeiro passo será obter, no quadrante delimitado acima, as áreas de fundo de vale por meio da utilização do modelo HAND. Para simulação do relevo, inicialmente será gerado o DEM com base em imagens do SRTM para toda a área de estudo. Após preparar o DEM o próximo passo será simular a rede de drenagem a partir do HAND que será posteriormente comparada com a da Agência Nacional de Águas - ANA. Nesta fase do trabalho serão testados vários limiares para definir aquele que melhor simule as ordens dos principais rios da região do Estado de Sergipe. O próximo passo será a validação de algumas áreas em campo. Nesse sentido, o trabalho contempla visitas em campo principalmente nos municípios que fizerem parte do alto sertão sergipano.

3.3 Adequação e aplicação do índice de pobreza Hídrica

O segundo passo será aplicar o IPH nos municípios inseridos nas áreas de fundo de vale. O IPH é calculado por meio da média ponderada de cada uma das variáveis utilizadas para compor o índice. Para se obter o índice, segundo metodologia proposta por Sullivan (2002, 2003) deve-se levar consideração 5 elementos: recurso, acesso, capacidade, uso e ambiente. Essas variáveis são composta e levam em conta os fatores mais relevantes de sua categoria (por meio de peso) que devem ser tratados e normalizados para serem apresentados de forma que apresentem a real situação dos elementos mencionados, e como estes se refletem na sociedade.

É importante destacar que, caso não seja possível encontrar todas as variáveis que compõem cada um dos índices, o mesmo deverá ser adaptado de forma que não comprometa o andamento dos trabalhos. Assim, abaixo encontra-se a descrição de cada um dos elementos necessário para compor os índices que serão gerados:

- Índices recurso e uso

Neste trabalho, seguindo metodologia proposta por Luna (2007), os elementos recurso e uso serão agrupados e passarão a chamar indicador de disponibilidade. Esse indicador corresponde aos recursos superficiais e subterrâneos dos municípios, bem como as demandas industriais e de irrigação desses recursos. O mesmo é composto pelas

seguintes variáveis: distribuição de poços, principais reservatórios, localização de adutoras, informações relacionados a vazões de leitos dos rios perenes, localização de cisternas, informações sobre a demanda do recurso (irrigação pública e/ou industrial).

- Indicador Acesso:

Para o cálculo desse indicador será levado em consideração: porcentagem de população com acesso a água potável e saneamento básico, tempo médio para coleta de água e porcentagem de mulheres que realizam esse trabalho.

- Indicador Capacidade:

Serão utilizados, para a composição desse indicador, dados referentes a escolaridade, mortalidade infantil, doenças que podem estar relacionadas a qualidade da água como diarreia, dados de coeficiente de desigualdade e Gini.

- Indicador de Meio Ambiente:

Esse indicador será composto por dados de ocorrência de macrófitas como um indicativo de aporte de nutrientes e sedimentos, informações relacionadas ao uso do solo como solo exposto, dados de coleta de lixo e disposição do lixo.

Índice de Pobreza Hídrica

Os resultados de cada componente mencionada acima, após serem determinados pela média ponderada, irão finalmente fazer parte do cálculo do IPH por meio da seguinte fórmula:

$$IPH = \frac{\sum_{i=1}^N W_{x,i} X_i}{\sum_{i=1}^N W_{x,i}}$$

Onde:

IPH = Índice de pobreza hídrica para uma determinada região;

W = peso aplicado para cada componente (X) da estrutura IPH;

X = valor, variando de 0 a 100, onde os valores menores indicam as piores situações, de cada componente (disponibilidade, acesso, capacidade, meio ambiente).

Para padronizar os resultados e produzir valor de IPH entre 0 e 100, é necessário dividir a somatória dos pesos:

$$IPH = \frac{w_r + w_a A + w_c C + w_u U + w_s MA}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_s},$$

4. PRODUTOS OU RESULTADOS PREVISTOS

Produto 01 – Metodologia estratégica de pesquisa, incluindo indicação inicial de fontes a serem consultadas, cronograma detalhado para o desenvolvimento da pesquisa e banco de dados com informações para a delimitação das áreas de fundo de vale presente no Estado de Sergipe.

Produto 02 – Documento contendo o estudo com ajuste e calibração do modelo digital de terreno que será utilizado para a determinação das áreas de fundo de vale presentes no Estado de Sergipe; mapas contendo áreas amostrais de fundo de vale, determinadas pelo modelo e validades em campo.

Produto 03 – Relatório final contendo os resultados da aplicação do índice de pobreza hídrica nas áreas de fundo de vale identificadas no Estado de Sergipe e a consolidação do mapeamento.

Produto 04 – Oficina de treinamento para utilização do SAP como instrumento de monitoramento.

5. CRONOGRAMA

O cronograma abaixo passa a ter validade a partir do dia 25/05/2016 data em que foi assinado o contrato de consultoria.

PRODUTOS	MESES (2016)								MESES (2017)				
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
Produto 1													
Produto 2													
Produto 3													
Produto 4													

6. Bibliografia

- 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