

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E GESTÃO (SEPLAG)**  
**INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE)**

**NOTA TÉCNICA**

**Nº 41**

**ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À DESERTIFICAÇÃO E SUA CORRELAÇÃO**  
**COM O DESENVOLVIMENTO DOS MUNICÍPIOS CEARENSES**

Eveline Barbosa Silva Carvalho

Cleyber Nascimento de Medeiros

Klinger Aragão Magalhães

Rogério Barbosa Soares

**Dezembro de 2009**

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Cid Ferreira Gomes – Governador

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E GESTÃO (SEPLAG)

Desirée Mota – Secretária

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE)

Eveline Barbosa Silva Carvalho – Diretora Geral

*A Série Notas Técnicas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) tem como objetivo a divulgação e o detalhamento de metodologias utilizadas nos estudos ou propostas pelo IPECE.*

**Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE)**

End.: Centro Administrativo do Estado Governador Virgílio Távora

Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N – Edifício SEPLAN – 2º andar

60830-120 – Fortaleza-CE

Telefones: (85) 3101-3521 / 3101-3496

Fax: (85) 3101-3500

[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br)

[ouvidoria@ipece.ce.gov.br](mailto:ouvidoria@ipece.ce.gov.br)

## **ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À DESERTIFICAÇÃO E SUA CORRELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO DOS MUNICÍPIOS CEARENSES**

### **Resumo**

O objetivo da presente nota técnica é avaliar a relação existente entre baixo desenvolvimento e desertificação. A comparação é elaborada a partir da construção de um Índice de Vulnerabilidade à Desertificação e aplicada aos 184 municípios que compõem o Estado do Ceará, com base em fatores antrópicos e naturais, utilizando indicadores que incorporam informações concernentes às áreas de economia, sociologia, meteorologia, recursos hídricos e produção agrícola. Para o cálculo do Índice de Desertificação foi aplicada a média das variáveis normalizadas para um determinado ano, considerando-se valores de 0 a 1, indicando o menor e o maior grau de vulnerabilidade à desertificação, respectivamente. Os resultados mostram que existe uma alta correlação entre os municípios mais vulneráveis à desertificação no Estado, evidenciados a partir do índice de desertificação proposto, com aqueles que apresentam os piores índices de desenvolvimento, o que atesta a necessidade de políticas diferenciadas e direcionadas para tais áreas.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável, Políticas Ambientais, Recursos Naturais

## 1. INTRODUÇÃO

A desertificação nas terras áridas, semiáridas e subúmidas secas vêm afetando cerca de um terço da superfície do planeta, abrangendo mais de 100 países e desde a década de 1970 vem preocupando de forma mais intensa a comunidade internacional, tendo em vista que seus efeitos se manifestam por fenômenos que conduzem determinadas áreas a se transformarem em desertos ou a elas se assemelharem.

Em 1992, durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), o fenômeno da desertificação foi definido como a “degradação do solo em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e de atividades humanas” (FUNCEME, 2009).

De fato, alguns milhões de hectares de terras agricultáveis são perdidos pelos efeitos erosivos e outros milhões são degradados pela salinização dos solos (VAZ, 2005). As mudanças climáticas são causas naturais de um processo de desertificação, contudo, é consenso que, o baixo desenvolvimento acelera e potencializa o fenômeno, principalmente, em ambientes fragilizados como a zona rural de algumas regiões do Brasil.

Sabe-se que a região semiárida do Nordeste brasileiro é susceptível à desertificação e que abriga uma população rural onde 69% são considerados pobres, ou seja, possuem renda média inferior a meio salário mínimo domiciliar *per capita*, de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do ano de 2009.

A pobreza é cada vez mais reconhecida como um problema multidimensional, ou seja, não se resumindo à privação de renda, mas também à limitação de capacidades e de bem-estar (SEN, 1999). Apesar disso, a renda continua sendo uma importante causa da pobreza, uma vez que a insuficiência da mesma leva a uma limitação na obtenção dessas capacidades (CARVALHO, 2009).

Considerando os efeitos da desertificação sobre a fertilidade do solo, a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, que compromete a produtividade das culturas, a quantidade de terra arável, a produção de alimentos para subsistência e comercialização, tem-se que o processo de desertificação pode acentuar os problemas sociais como desemprego, baixo nível de renda e êxodo rural, agravando a condição de pobreza (PAE, 2010).

Também é plausível que em áreas menos desenvolvidas, onde exista um elevado percentual de pessoas consideradas pobres, ocorra o agravamento da desertificação através do mau uso dos recursos naturais disponíveis, como, por exemplo, o desmatamento e a prática do extrativismo vegetal e mineral, tendo em vista a limitação das capacidades, entendida como deficiência de capital humano que caracteriza a pobreza.

Conforme Conti (1995), a desertificação é o processo por meio do qual determinadas áreas sob influência de um conjunto de fatores se transformam em desertos, ou a eles se assemelham e pode ser resultado de fenômenos naturais ou da pressão das atividades humanas sobre ecossistemas frágeis, ou da combinação de ambos. As periferias dos desertos ou áreas de transição são as que apresentam o maior risco de degradação generalizada em virtude de seu frágil equilíbrio ambiental.

O processo de desertificação pode também ser biologicamente conceituado segundo o maior ou menor vigor da biosfera, quando a escassez de organismos vivos, principalmente vegetais, indicaria a incidência de ambiente desértico e o declínio da atividade biológica corresponderia ao avanço do processo de desertificação.

A desertificação é um processo que lentamente destrói a base de recursos naturais de determinada área, o que leva à inviabilidade parcial ou definitiva de convivência de uma comunidade, ensejando a má qualidade de vida, a impossibilidade de obtenção de renda digna e estimulando a migração de sociedades inteiras (RODRIGUES, 2006).

Assim, de acordo com Galvão (2001), a desertificação constitui todo um conjunto de processos que promovem o desequilíbrio dos meios físico, químico, biológico e socioeconômico e que se voltam no sentido da exaustão ambiental, abordando a natureza como um conjunto integralizado e dinâmico.

Estes processos, via de regra, são desencadeados pela ação antrópica, atuando de forma conjunta e retroalimentadora, encontrando-se substancialmente agravados pelas limitações fisiográficas impostas a ambientes ecologicamente frágeis do ponto de vista ambiental e socioeconômicos.

Castro *et al.* (2005), ao sobreporem os indicadores sociais aos recortes de ambientes áridos, semiáridos e subúmidos secos, constataram uma expressiva concentração de pobreza e miséria, cujas razões não se fundam em fenômenos naturais, mas na trajetória histórica. “São mais de 1 bilhão de pessoas vivendo nas terras secas e utilizando, em termos gerais, sistemas produtivos de baixo nível tecnológico e totalmente descapitalizados”, que ao longo dos anos vem utilizando os escassos recursos existentes para subsistir e, conseqüentemente, intensificar a degradação do ambiente.

No Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Combate à Desertificação (PNCD), a grande maioria das terras com níveis de susceptibilidade à desertificação são classificadas como de moderada a muito alta, estando inseridas sobremaneira nas áreas semiáridas e subúmidas do Nordeste brasileiro (FRANÇA *et al.*, 2002).

Desta forma, as áreas como a do semiárido cearense, que abrange 86% do território do Estado do Ceará, representam um desafio quanto à preservação de seus recursos naturais, devido às suas características de incertezas nas precipitações pluviométricas, fertilidade dos seus solos e pressões populacionais em ambiente tipicamente frágil (FRANÇA *et al.*, 2002).

Segundo o PAE (2010), foram classificadas como áreas susceptíveis à desertificação, as que possuem as seguintes características: degradação da cobertura vegetal, assoreamento dos rios, pastoreio excessivo, perda da biodiversidade, perda da capacidade produtiva do solo, baixa relação entre capacidade produtiva dos recursos naturais e a sua capacidade de recuperação, apontando como áreas mais susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará os Sertões dos Inhamuns, Sertões de Irauçuba, Centro Norte e os Sertões do Médio Jaguaribe.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo é verificar se de fato há uma relação de reciprocidade negativa, isto é, se o processo de desertificação é agente causador da pobreza e também uma consequência desta.

Tendo, pois, como estudo de caso o Estado do Ceará, há a necessidade de identificação das áreas vulneráveis à desertificação através da formulação de um índice e da utilização de indicador que evidencie municípios de maior ou menor grau de desenvolvimento para a partir daí, se elaborar um comparativo que possa elucidar a correlação entre pobreza e desertificação.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Escolha das Variáveis**

A metodologia para identificar a propensão dos municípios à desertificação, além de tentar incluir os principais fatores que contribuem para o processo, deve considerar sua aplicabilidade e disponibilidade dos dados.

É importante notar que as variáveis selecionadas como as mais determinantes do processo de desertificação não cobrem todas as possibilidades e, portanto, aspectos subjetivos podem não ter sido captados, devendo fazer parte de propostas futuras para seu aperfeiçoamento. As variáveis escolhidas para compor o Índice de Propensão à Desertificação se dividem em dois grupos: Fatores Antrópicos e Fatores Naturais. A seguir, descrevem-se as mesmas de acordo com as simulações realizadas.

## 2.1.1. Simulações Utilizadas para a Composição do Índice de Desertificação

### Simulação 1

#### a) Fatores Antrópicos

1. % Área Cultivada/Área Estab. Agrop. - percentual da área cultivada no município em relação ao total da área dos estabelecimentos rurais;
2. valorlav/ ha. R\$ (2009) - valor da produção agrícola dividida pela estimativa de área colhida;
3. vallav /poptot R\$ (2009) - valor da produção agrícola dividida pela população total estimada do município;
4. Carvão vegetal (Toneladas) (2009) - produção de carvão vegetal do município;
5. Lenha + madeira em Tora (m<sup>3</sup>) (2008) - soma da produção de lenha e madeira em tora do município;
6. Nº de Focos de Incêndios - número de focos de incêndios;
7. Rebanho Ovinocaprino/km<sup>2</sup> (2008) - relação entre a soma dos rebanhos ovino e caprino e a área do município em Km<sup>2</sup>;
8. Rebanho Bovino/km<sup>2</sup> (2008) - relação entre o rebanho bovino e a área do município em Km<sup>2</sup>;
9. bfam/famcad - percentual de famílias que receberam bolsa família com relação ao total de famílias inscritas no cadastro único;
10. Anos de Estudo (2000) - número médio de anos de estudo da população;
11. % Terras degradadas e inaproveitáveis em relação á área dos Estab. Agrop. (2006) - percentual de terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários;
12. % de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares (2006) - percentual dos estabelecimentos agropecuários com menos de 10 hectares em relação ao total de estabelecimentos agropecuários.

#### b) Fatores Naturais

1. % de Área c/ Matas e florestas em relação a área dos estab. Agrop. (2006) - percentual da área do município com matas e florestas em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários;
2. % perda de safra (2009) - média percentual das perdas verificadas na produção de grãos no município;
3. Índice de distribuição de chuvas (2009) - associa as variações volumétricas, temporais e espaciais de chuva, levando-se em consideração o período escolhido para análise;
4. Desvio Normalizado jan-jun (2009) - variação percentual entre a precipitação observada e a normal (média de 30 anos), na sede do município no período analisado;
5. Índice de Aridez (2009) - é a precipitação histórica de um determinado ponto dividido pela evapotranspiração potencial (máximo de evaporação que se pode ter em um determinado ponto). Valores acima de 1 ocorrem para precipitação histórica superior à evapotranspiração potencial, indicando menor grau de aridez. Assim quanto menor o índice mais árida é a região;
6. Climatologia (2009) - medida pela média de precipitação pluviométrica na sede do município nos últimos 30 anos;
7. Qualidade da água - a salinidade mede o teor de sais dissolvidos na água sob a forma de íons e é um dos principais critérios físico-químicos que definem a potabilidade da água. Segundo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a água para consumo humano deve ter um teor abaixo de 500 mg/l.

## Simulação 2

### a) Fatores Antrópicos

1. % Área Cultivada/Área Estab. Agrop. - percentual da área cultivada no município em relação ao total da área dos estabelecimentos rurais;
2. Carvão vegetal (Toneladas) (2009) - produção de carvão vegetal do município;
3. Lenha + madeira em Tora (m<sup>3</sup>) (2008) - soma da produção de lenha e madeira em tora do município;
4. Nº de Focos de Incêndios - número de focos de incêndios;
5. Rebanho Ovinocaprino/km<sup>2</sup> (2008) - relação entre a soma dos rebanhos ovino e caprino e a área do município em Km<sup>2</sup>;
6. Rebanho Bovino/km<sup>2</sup> (2008) - relação entre o rebanho bovino e a área do município em Km<sup>2</sup>;
7. Anos de Estudo (2000) - número de anos estudo médio da população;
8. % Terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área dos Estab. Agrop. (2006) - percentual de terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários;
9. % de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares (2006) - percentual dos estabelecimentos agropecuários com menos de 10 hectares em relação ao total de estabelecimentos agropecuários.

### b) Fatores Naturais

1. % de Área c/ Matas e florestas em relação à área dos estab. Agrop. (2006) - percentual da área do município com matas e florestas em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários;
2. Índice de distribuição de chuvas (2009) - associa as variações volumétricas, temporais e espaciais de chuva, levando-se em consideração o período escolhido para análise;
3. Índice de Aridez (2009) - é a precipitação histórica de um determinado ponto dividido pela evapotranspiração potencial (máximo de evaporação que se pode ter em um determinado ponto). Valores acima de 1 ocorrem para precipitação histórica superior à evapotranspiração potencial, indicando menor grau de aridez. Assim quanto menor o índice, mais árida é a região;
4. Climatologia (2009) - medida pela média de precipitação pluviométrica na sede do município nos últimos 30 anos;
5. Qualidade da água - a salinidade mede o teor de sais dissolvidos na água sob a forma de íons e é um dos principais critérios físico-químicos que definem a potabilidade da água. Segundo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a água para consumo humano deve ter um teor abaixo de 500 mg/l.

## Simulação 3

### a) Fatores Antrópicos

1. % Área Cultivada/Área Estab. Agrop. - percentual da área cultivada no município em relação ao total da área dos estabelecimentos rurais;
2. Produtividade do Feijão (kg/ha) (2008) - produção física do feijão em quilogramas por hectare;
3. Produtividade do Milho (kg/ha) (2008) - produção física do milho em quilogramas por hectare;
4. Carvão vegetal (Toneladas) (2009) - produção de carvão vegetal do município;

5. Lenha + madeira em Tora (m<sup>3</sup>) (2008) - soma da produção de lenha e madeira em tora do município;
6. Nº de Focos de Incêndios - número de focos de incêndios;
7. Rebanho Ovinocaprino/km<sup>2</sup> (2008) - relação entre a soma dos rebanhos ovino e caprino e a área do município em Km<sup>2</sup>;
8. Rebanho Bovino/km<sup>2</sup> (2008) - relação entre o rebanho bovino e a área do município em Km<sup>2</sup>;
9. % Terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área dos Estab. Agrop. (2006) - percentual de terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários;
10. % de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares (2006) - percentual dos estabelecimentos agropecuários com menos de 10 hectares em relação ao total de estabelecimentos agropecuários.

## b) Fatores Naturais

1. % de Área c/ Matas e florestas em relação à área dos estab. Agrop. (2006) - percentual da área do município com matas e florestas em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários;
2. % perda de safra (2009) - média percentual das perdas verificadas na produção de grãos no município;
3. Índice de distribuição de chuvas (2009) - associa as variações volumétricas, temporais e espaciais de chuva, levando-se em consideração o período escolhido para análise;
4. Precipitação Observada jan-jun (2009) - precipitação observada na sede do município no período analisado;
5. Escoamento superficial - volume de escoamento de água ocorrido no limite de absorção do solo, medido com base nas precipitações ocorridas, no máximo de absorção de cada solo (capacidade de campo), levando-se em consideração uma evapotranspiração de 5 mm/dia, cujos escoamentos são classificados em três intervalos: de 0 a 59 mm (crítico); de 60 a 179 mm (regular); de 180 mm acima (bom);
6. Índice de Aridez (2009) - é a precipitação histórica de um determinado ponto dividido pela evapotranspiração potencial (máximo de evaporação que se pode ter em um determinado ponto). Valores acima de 1 ocorrem para precipitação histórica superior à evapotranspiração potencial, indicando menor grau de aridez. Assim quanto menor o índice mais árida é a região;
7. Climatologia (2009) - medida pela média de precipitação pluviométrica na sede do município nos últimos 30 anos;
8. Qualidade da água - a salinidade mede o teor de sais dissolvidos na água sob a forma de íons e é um dos principais critérios físico-químicos que definem a potabilidade da água. Segundo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a água para consumo humano deve ter um teor abaixo de 500 mg/l.

## 2.2. Cálculo do Índice de Propensão à Desertificação

O índice de propensão à desertificação (ID) para um determinado ano foi calculado pela média das variáveis normalizadas, considerando a seguinte fórmula:

$$A1p = [A1i - A1min] / [A1max - A1min]$$

Onde,

A1p é o valor padronizado da variável 1 no município i;

A1max é o maior valor de A1 verificado para o ano do cálculo; e

A1min é o menor valor de A1 verificado para o ano do cálculo.



Nos casos onde há uma relação direta de propensão à desertificação, ou seja, o menor valor indica menor propensão à desertificação e o maior valor maior propensão à desertificação, tem-se:  $I-V = I_{\min}$  e  $I+V = I_{\max}$ .

Nos casos de relação inversa com a propensão à desertificação, onde o menor valor indica maior propensão à desertificação e vice-versa, tem-se  $I+V = I_{\min}$  e  $I-V = I_{\max}$ .

Após a padronização, os valores mais próximos de 1 indicam maior propensão à desertificação e o índice é obtido a partir da média aritmética destes valores:

$$ID_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n}$$

Onde,

IDI é o índice de desertificação do município i;

F1 é o grupo de variáveis antrópicas do município i; e

F2 é o grupo de variáveis naturais do município i.

As variáveis Área Cultivada em Relação à Área do Estabelecimento Agropecuário, Valor da Lavoura por Hectare, Valor da Lavoura em Relação à População Total, Produção de Carvão Vegetal, Produção de Lenha e Madeira, Rebanho de Ovinos e Caprinos, Rebanho de Bovinos, Anos de Estudo, Percentual de Terras Degradadas e Inaproveitáveis, Percentual de Estabelecimentos Agropecuários menores que 10 hectares, Percentual de Área com Matas e Florestas, Produtividade do Feijão e Produtividade do Milho são fornecidas pelo IBGE.

A variável Número de Focos de Incêndios é fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A variável relativa ao Percentual de Famílias Beneficiadas com o Programa Bolsa-Família é obtida na Secretaria de Trabalho e Desenvolvimento Social do Estado do Ceará.

O Percentual de Perda de Safra é informado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará – EMATERCE. As variáveis relativas à climatologia: Índice de Distribuição de Chuvas, Desvio Normalizado das Chuvas, Índice de Aridez, Climatologia, Precipitação Observada e Escoamento Superficial são fornecidas pela Fundação Cearense de Meteorologia - FUNCEME. Por fim a variável relativa à Qualidade da Água é fornecida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM.

Quanto à interpretação, as variáveis Área Cultivada em Relação à Área do Estabelecimento Agropecuário, Produção de Carvão Vegetal, Produção de Lenha e Madeira, Rebanho de Ovinos e Caprinos, Rebanho de Bovinos, Percentual de Terras Degradadas e Inaproveitáveis, Percentual de Estabelecimentos Agropecuários menores que 10 hectares, Número de Focos de Incêndios, Perda de Safra e Qualidade da Água apresentam relação direta, ou seja, quanto maior o indicador maior o índice de desertificação.

Por outro lado, as variáveis Valor da Lavoura por Hectare, Valor da Lavoura em Relação à População Total, Anos de Estudo, Percentual de Área com Matas e Florestas, Produtividade do Feijão e Produtividade do Milho, Percentual de Famílias Beneficiadas com o Programa Bolsa-Família, Índice de Distribuição de Chuvas, Desvio Normalizado das Chuvas, Índice de Aridez, Climatologia, Escoamento Superficial e Precipitação Observada têm uma relação inversa, ou seja, quanto maior o indicador maior o indicador menor o índice de desertificação.

Em seguida a elaboração do índice, foi realizada uma classificação dos municípios cearenses especificando quatro classes de vulnerabilidade, baseadas na média e na variabilidade, citadas a seguir: Classe 1 - alta vulnerabilidade, para valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio-padrão; Classe 2 - média-alta vulnerabilidade, para valores maiores que o valor médio e menores que a média mais o desvio-padrão; Classe 3 - média-baixa vulnerabilidade, para valores inferiores à média e superiores à média menos um desvio-padrão; Classe 4 - baixa vulnerabilidade, para índices com valores inferiores à média menos um desvio-padrão.

### 2.3. Cálculo da Correlação

Para fazer a avaliação do grau de correlação entre menor desenvolvimento e desertificação foi utilizado como *proxy* de pobreza o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM), calculado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 2009.

O IDM é composto por um conjunto de 30 indicadores subdivididos em quatro grupos: Fisiográficos, fundiários e agrícolas; Demográficos e econômicos; Infraestrutura; e Sociais. A partir da seleção dos indicadores, é construído um índice consolidado de desenvolvimento para cada município, bem como um outro para cada um dos quatro grupos citados, consentindo-se fazer uma mensuração dos níveis de desenvolvimento alcançados pelos municípios do Ceará.

A correlação entre o índice de propensão a desertificação e o IDM foi calculada utilizando o coeficiente de correlação não-paramétrico de *Spearman*. Um teste estatístico não-paramétrico é um teste que não especifica suposições sobre a forma da distribuição de probabilidade da população da qual se extraiu a amostra aleatória, por isso são ditos de distribuição livre (SIEGEL, 1975).

O coeficiente de correlação de *Spearman* varia no intervalo de -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de 1 estiver o indicador mais forte é a correlação positiva entre as variáveis, enquanto que o valor próximo de -1 implica em uma correlação fortemente negativa. A justificativa para a utilização de estatística não-paramétrica se dá pelo fato do não ajuste dos dados a distribuição normal comprovado pela aplicação dos testes de aderência de Shapiro-Wilks, além de análise gráfica, onde foram elaborados histogramas, Box-plots e normal-plots.

## 3. RESULTADOS

De acordo com a Tabela 1 os municípios com menor propensão à desertificação conforme as três simulações são: São Benedito, Meruoca, Ibiapina, Guaramiranga, Ubajara, Pacoti e Viçosa do Ceará. Já os municípios apontados como possuindo maior propensão à desertificação foram: Canindé, Palhano, Morada Nova, Acopiara, Itatira e São João do Jaguaribe. Verifica-se ainda que entre as simulações apresentadas existem variações no ordenamento dos municípios identificados como de menor e maior propensão à desertificação.

No caso do município de São Benedito, este foi indicado como o de menor propensão à desertificação pelas três simulações. Assim, como o município de Canindé apresenta a maior propensão à desertificação em duas das três simulações (Tabela 1).

Tabela 1 - Municípios com menor e maior propensão à Desertificação, conforme as simulações 1 (ID1), 2 (ID2) e 3 (ID3).

Menor Propensão à Desertificação					
Municípios	ID1	Municípios	ID2	Municípios	ID3
São Benedito	0,35	São Benedito	0,18	São Benedito	0,28
Meruoca	0,35	Ibiapina	0,24	Aratuba	0,32
Fortaleza	0,35	Ubajara	0,26	Ubajara	0,33
Guaramiranga	0,36	Meruoca	0,27	Ibiapina	0,33
Pacoti	0,38	Aratuba	0,27	Meruoca	0,34
Viçosa do Ceará	0,38	Guaramiranga	0,27	Guaramiranga	0,35
Ibiapina	0,38	Viçosa do Ceará	0,29	Viçosa do Ceará	0,35
Ubajara	0,39	Fortaleza	0,30	Pacoti	0,36
Palmácia	0,40	Pacoti	0,31	Cariré	0,36
Eusébio	0,41	Tianguá	0,32	Eusébio	0,36
Maior Propensão à Desertificação					
Dep. Irapuã Pinheiro	0,61	Ibicuitinga	0,54	Icó	0,54
Madalena	0,61	Boa Viagem	0,55	Mombaça	0,54
Acopiara	0,61	São João Jaguaribe	0,55	Carnaubal	0,54
Umari	0,61	Chorozinho	0,55	Dep. Irapuã Pinheiro	0,54
Itatira	0,62	Itatira	0,55	Morada Nova	0,54
Ibicuitinga	0,62	Catarina	0,55	Santa Quitéria	0,54
São João do Jaguaribe	0,63	Morada Nova	0,57	Paramoti	0,55
Catarina	0,63	Acopiara	0,57	Acopiara	0,57
Morada Nova	0,63	Canindé	0,60	Palhano	0,57
Canindé	0,64	Palhano	0,61	Canindé	0,58

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração dos autores.

A Tabela 2 exhibe os fatores que mais contribuíram para que o município de Canindé fosse classificado como de maior propensão à desertificação nas simulações 1 e 3, os quais foram: índices de produção de carvão vegetal, lenha e madeira, além dos índices meteorológicos que incluem índice de distribuição de chuvas, índice de aridez e climatologia. Ressalta-se que variáveis climáticas são exógenas, não sendo passíveis de controle das políticas públicas, no entanto, demanda medidas que permitam reduzir seus efeitos negativos. Ademais, atualmente é consenso que em certo grau as variáveis climáticas tem passado a ser função de ações antrópicas, com o aquecimento global.

Tabela 2 - Município de Canindé, classificado como de maior propensão à desertificação nas simulações 1 e 3.

<b>Relação dos Indicadores</b>	<b>Canindé</b>	<b>Melhor Município</b>	<b>Valor do Melhor</b>
<b>Fatores Antrópicos</b>			
% Área Cultivada/Área Estab. Agrop. (2006)	52,49%	Miraíma	7,00%
Valor da Produção Lavouras/ ha. R\$ (2009)	479,05	Limoeiro do Norte	14.778,19
Valor da Produção Lavouras /População Total R\$ (2009)	343,58	Quixeré	4.499,72
Produção de Carvão vegetal (Ton.) (2009)	2.986,00	Diversos	0,00
Extração de Lenha e Madeira em Tora (m <sup>3</sup> ) (2009)	109.959,00	Diversos	0,00
Nº de Focos de Incêndios (2009)	20,00	Diversos	0,00
Rebanho Ovinocaprino/km <sup>2</sup> (2008)	11,95	Diversos	1,00
Rebanho Bovino/km <sup>2</sup> (2008)	10,45	Diversos	4,00
N.º de bolsa família/família cadastrada (2009)	57,00	Martinópole	86,59
Anos de Estudo (2000)	2,05	Fortaleza	6,07
% Terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área dos Estab. Agrop. (2006)	7,23%	Guaramiranga	0,00%
% de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares (2006)	65,53%	Tejuçuoca	14,82%
<b>Fatores Naturais</b>			
% de Área c/ Matas e florestas em relação à área dos estab. Agrop. (2006)	32,01%	Eusébio	0,39%
% perda de safra (2009)	36,04%	Diversos	0,00
Índice de distribuição de chuvas (2009)	0,30	Meruoca	1,23
Desvio Normalizado jan-jun (2009)	64,70	Jijoca de Jericoacoara	181,10
Índice de Aridez (2009)	0,45	São Benedito	1,98
Climatologia (2009)	674,40	São Benedito	1.603,30
Qualidade da água (2009)	2.330,03	Ibiapina	102,80

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração dos Autores.

Para o município de São Benedito, que figura com a menor propensão à desertificação, as variáveis relacionadas à extração vegetal, focos de incêndio, rebanhos ovino, caprino e bovino, indicadores meteorológicos, terras degradadas, áreas com matas e qualidade da água fizeram que o município se destacasse com o melhor desempenho nesse índice.

No entanto, o município de São Benedito ainda apresenta índices elevados para as seguintes variáveis: percentual da área cultivada em relação à área total dos estabelecimentos; percentual de estabelecimentos com menos de 10 hectares e extração de lenha e madeira em tora (Tabela 3).

Tabela 3 - Município de São Benedito, classificado como de menor propensão à desertificação nas três simulações.

<b>Relação dos Indicadores</b>	<b>São Benedito</b>	<b>Melhor Município</b>	<b>Valor do Melhor</b>
<b>Fatores Antrópicos</b>			
% Área Cultivada/Área Estab. Agrop. (2006)	84,31%	Miraíma	7,00%
Valor da Produção Lavouras/ ha. R\$ (2009)	4.656,46	Limoeiro do Norte	14.778,19
Valor da Produção Lavouras /População Total R\$ (2009)	1.508,81	Quixeré	4.499,72
Produção de Carvão vegetal (Ton.) (2009)	6,00	Diversos	0,00
Extração de Lenha e Madeira em Tora (m³) (2009)	2.300,00	Diversos	0,00
Nº de Focos de Incêndios (2009)	4,00	Diversos	0,00
Rebanho Ovinocaprino/km² (2008)	5,38	Diversos	1,00
Rebanho Bovino/km² (2008)	27,16	Diversos	4,00
N.º de bolsa família/família cadastrada (2009)	51,52	Martinopole	86,59
Anos de Estudo (2000)	1,77	Fortaleza	6,07
% Terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área dos Estab. Agrop. (2006)	1,58%	Guaramiranga	0,00%
% de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares (2006)	88,80%	Tejuçuoca	14,82%
<b>Fatores Naturais</b>			
% de Área c/ Matas e florestas em relação à área dos estab. Agrop. (2006)	3,73%	Eusébio	0,39%
% perda de safra (2009)	33,37%	Diversos	0,00%
Índice de distribuição de chuvas (2009)	1,07	Meruoca	1,23
Desvio Normalizado jan-jun (2009)	32,10	J. de Jericoacoara	181,10
Índice de Aridez (2009)	1,98	São Benedito	1,98
Climatologia (2009)	1.603,30	São Benedito	1.603,30
Qualidade da água (2009)	247,77	Ibiapina	102,80

Fonte: Dados da pesquisa.

As diferenças nos resultados entre as simulações ocorreram em função da inclusão ou exclusão de variáveis, permitindo com isso analisar a contribuição de cada fator na formação do índice de acordo com a classificação dos municípios em cada simulação.

A simulação 2 em relação à simulação 1, por exemplo, não considera as variáveis valor da produção agrícola, bolsa família, perda de safra e desvio normalizado das precipitações, com isso, Palhano, passa da 13ª posição na simulação 1 para a 1ª em propensão à desertificação na simulação 2, evidenciando-se um desempenho melhor deste nas variáveis valor da produção, perda de safra e precipitação, que não foram consideradas na segunda simulação.

Analisando os fatores que mais contribuíram para os resultados do município de Palhano, que obteve o índice mais elevado na simulação 2, tem-se que o mesmo sofreu mais influência das variáveis qualidade de água, que contribuiu com o índice máximo para desertificação; além das variáveis meteorológicas, que se apresentaram elevadas, bem como o elevado número de estabelecimentos com menos de 10 hectares (Tabela 4).

Tabela 4 - Município de Palhano, classificado como de maior propensão à desertificação na simulação 2.

<b>Relação dos Indicadores</b>	<b>Palhano</b>	<b>Melhor Município</b>	<b>Valor do Melhor</b>
<b>Fatores Antrópicos</b>			
% Área Cultivada/Área Estab. Agrop. (2006)	74,79%	Miraíma	7,00%
Valor da Produção Lavouras/ ha. R\$ (2009)	458,76	Limoeiro do Norte	14.778,19
Valor da Produção Lavouras /População R\$ (2009)	809,82	Quixeré	4.499,72
Produção de Carvão vegetal (Ton.) (2009)	8,00	Diversos	0,00
Extração de Lenha e Madeira em Tora (m <sup>3</sup> ) (2009)	20.400,00	Diversos	0,00
Nº de Focos de Incêndios (2009)	3,00	Diversos	0,00
Rebanho Ovinocaprino/km <sup>2</sup> (2008)	25,55	Diversos	1,00
Rebanho Bovino/km <sup>2</sup> (2008)	6,93	Diversos	4,00
N.º de bolsa família/família cadastrada (2009)	53,60	Martinópolis	86,59
Anos de Estudo (2000)	1,59	Fortaleza	6,07
% Terras degradadas e inaproveitáveis em relação à área dos Estab. Agrop. (2006)	2,71%	Guaramiranga	0,00%
% de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares (2006)	76,22%	Tejuçuoca	14,82%
<b>Fatores Naturais</b>			
% de Área c/ Matas e florestas em relação à área dos estab. Agrop. (2006)	22,73%	Eusébio	0,39%
% perda de safra (2009)	22,67%	Diversos	0,00
Índice de distribuição de chuvas (2009)	0,31	Meruoca	1,23
Desvio Normalizado jan-jun (2009)	-82,90	J. Jericoacoara	+181,10
Índice de Aridez (2009)	0,42	São Benedito	1,98
Climatologia (2009)	613,70	São Benedito	1.603,30
Qualidade da água (2009)	5.565,70	Ibiapina	102,80

Fonte: Dados da pesquisa.

A terceira simulação em relação à primeira apresenta a introdução das variáveis escoamento superficial, produtividade do milho e produtividade do feijão, retirando as variáveis de valor da produção, bolsa família, anos de estudo, perda de safra e desvio médio das precipitações; e incluindo-as, obteve-se mudanças de ordenamento como se pode observar com Santa Quitéria, que ocupava a 106<sup>a</sup> posição na primeira simulação; 27<sup>a</sup> na segunda, e a 5<sup>a</sup> posição, na terceira simulação.

Assim, analisando os resultados da simulação 3, identificamos Canindé, Palhano, Acopiara, Paramoti, Santa Quitéria, Morada Nova, Deputado Irapuan Pinheiro, Carnaubal, Mombaça e Icó, como os dez municípios com maior propensão à desertificação. Por outro lado, por essa simulação, obteve-se os municípios de São Benedito, Aratuba, Ubajara, Ibiapina, Meruoca, Guaramiranga, Viçosa do Ceará, Pacoti, Cariré e Eusébio como os menos propensos à desertificação.

Nesse sentido, os municípios que apresentam maior propensão à desertificação são Canindé, Morada Nova, Icó, Acopiara, Deputado Irapuan Pinheiro, Palhano, Paramoti, Boa Viagem, Quixeramobim e Russas. Ou seja, os maiores índices encontram-se distribuídos principalmente nas regiões do Sertão Central, Litoral Leste/Jaguaribe e Cariri/Centro Sul.

As manchas plotadas nos mapas exibidos nas figuras 2, 3 e 4 (em anexo) referentes aos municípios que detiveram as maiores propensões à desertificação, guardam considerável semelhança com os níveis de ocorrência de desertificação nas regiões do Estado apresentados no Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação do Estado do Ceará.

Esse material foi elaborado a partir do mapeamento das áreas degradadas e susceptíveis a desertificação, utilizando imagens de satélite, mapas geoambientais e trabalho de campo (Figura 5, em anexo).

Desta forma, os resultados mostrados pela proposta para o Índice de Propensão à Desertificação apresentaram uma boa correlação com as áreas identificadas por outros estudos (PAE, 2010; RODRIGUES, 2006, LEITE *et al*, 2005), sabendo que alguns ajustes devem ser feitos em versões posteriores a fim de torná-lo mais eficiente. Ainda assim, podem-se considerar os resultados obtidos coerentes com as ocorrências observadas.

#### 4 - Correlação entre o índice de Propensão a Desertificação e o Baixo Desenvolvimento

O coeficiente de correlação não-paramétrico de Spearman para os índices de propensão à desertificação, considerando-se as três simulações acima descritas, evidenciam correlação inversa com o índice de desenvolvimento municipal, considerando como *proxy* para a mensuração da pobreza, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Coeficiente de Correlação de Spearman para os Índices de Propensão à Desertificação e o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM).

Indicadores	Valor da correlação
Desertificação 01 X IDM - Global	-0,373*
Desertificação 02 X IDM - Global	-0,366*
Desertificação 03 X IDM - Global	-0,311*
Desertificação 01 X IDM - Fundiário e Agrícola	-0,409*
Desertificação 02 X IDM - Fundiário e Agrícola	-0,398*
Desertificação 03 X IDM - Fundiário e Agrícola	-0,424*
Desertificação 01 X IDM - Demográficos e Econômicos	-0,259*
Desertificação 02 X IDM - Demográficos e Econômicos	-0,207*
Desertificação 03 X IDM - Demográficos e Econômicos	-0,160**
Desertificação 01 X IDM - Infraestrutura	-0,053
Desertificação 02 X IDM - Infraestrutura	-0,037
Desertificação 03 X IDM - Infraestrutura	-0,048
Desertificação 01 X IDM - Sociais	-0,169**
Desertificação 02 X IDM - Sociais	-0,183*
Desertificação 03 X IDM - Sociais	-0,070

Fonte: Dados da pesquisa. Obs.: \* Valores significativos a 1%. \*\* Valores significativos a 5%.

Desta forma, verifica-se uma correlação negativa significativa para todos os índices de propensão à desertificação com relação ao IDM (e seus subíndices), implicando que em média, municípios com alta propensão à desertificação possuem baixo valor para o indicador de desenvolvimento (Figura 1).

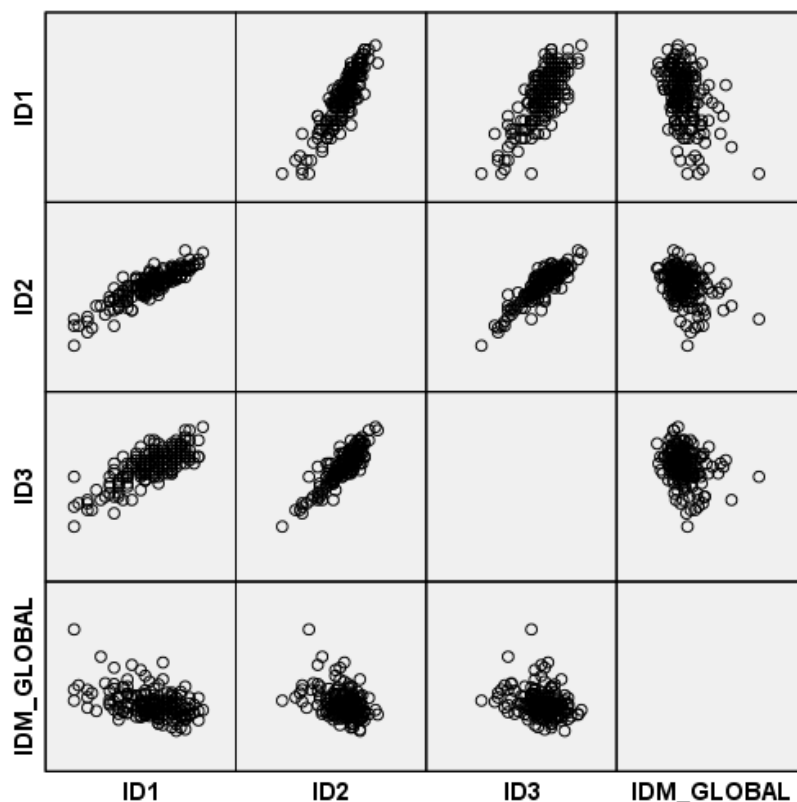


Figura 1 - Scatterplot para os Índices de Propensão a Desertificação (ID1, ID2 e ID3) e o IDM Global dos municípios cearenses.

Como exemplificação, a Tabela 6 exibe os quinze maiores municípios com propensão a desertificação (simulação 1) e o respectivo ranking em relação ao IDM. Desta forma, a tabela evidencia a correlação negativa existente entre o Índice de Propensão à Desertificação - IPD, considerando a simulação 1, com os menores índices do IDM, o que representa piores níveis de bem-estar e maiores níveis de pobreza.

Tabela 6: Quinze maiores Índices de Propensão à Desertificação (Simulação 01) e Ranking do Índice de Desenvolvimento Municipal.

Município	Ranking IPD	Ranking IDM
Canindé	1º	116º
Morada Nova	2º	48º
Catarina	3º	174º
São João do Jaguaribe	4º	129º
Ibicuitinga	5º	82º
Itatira	6º	137º
Umari	7º	112º
Acopiara	8º	149º
Madalena	9º	159º
Deputado Irapuan Pinheiro	10º	74º
Quixadá	11º	46º
Ocara	12º	168º
Palhano	13º	152º
Ibaretama	14º	183º
Paramoti	15º	162º

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração dos Autores.



## 5 - Conclusões

Sabe-se que a pobreza está presente em larga escala em especial nas zonas rurais do contexto semiárido nordestino. Assim, segundo Souza & Suertegaray (2005), a presença da desertificação, bem como a possibilidade da sua expansão, torna necessário que haja o aumento das pesquisas sobre essa problemática, criando-se um acompanhamento contínuo e efetivo desse processo, que vise combater e reduzir esse tipo de degradação, o que inevitavelmente envolve dinheiro público e a vida de milhões de pessoas.

Esse estudo apresentou três diferentes propostas de índice de propensão à desertificação e comparou-as à incidência de pobreza nos municípios do Estado do Ceará, medida pelo Índice de Desenvolvimento Municipal - IDM.

Constatou-se que há uma correlação inversa entre desenvolvimento e desertificação para os municípios cearenses, ou seja, em média o baixo nível de desenvolvimento está presente em locais com elevado nível de desertificação ou com propensão para tal, como é o caso do semiárido nordestino.

Para o Estado do Ceará, os municípios com maior propensão à desertificação encontram-se inseridos principalmente nas regiões do Sertão Central, Litoral Leste/Jaguaribe e Cariri/Centro Sul.

Considerando que todas as correlações apresentadas foram negativas, o índice global do IDM apresentou maior correlação com a simulação 1, ressaltando que em todas as simulações se observou uma correlação em nível intermediário, entre -0,311 e -0,373, visto que o indicador varia entre -1 a +1. Além do próprio índice global, o IDM dos fatores Fundiários e Agrícolas obteve a maior correlação em todas as simulações para propensão à desertificação. Isso indica certa razoabilidade, visto que essas são as variáveis que estão mais diretamente ligadas ao fenômeno. Aponta-se também o IDM dos fatores Demográficos e Urbanos como tendo correlação significativa com a propensão à desertificação.

Em suma, a propensão à desertificação exibiu maiores correlações com os fatores Fundiários e Agrícolas, e Demográficos e Econômicos, levando a uma associação intermediária no índice global. Por outro lado, os fatores sociais mostraram menores correlações, enquanto os de infraestrutura não apresentaram valores significativos de associação linear com propensão à desertificação.

No tocante ao índice proposto de propensão a desertificação, entre as variáveis antrópicas que mais explicaram o índice dos municípios cearenses, destacam-se: percentual de área Cultivada em relação à área dos estabelecimentos agropecuários, produção de carvão vegetal (ton.), extração de lenha e madeira em Tora (m<sup>3</sup>), Rebanho Ovinocaprino/km<sup>2</sup>, percentual de estabelecimentos agropecuários menores que 10 hectares. E entre as variáveis naturais estão: Índice de distribuição de chuvas, desvio Normalizado, índice de aridez e climatologia.

Nessa perspectiva, buscou-se delinear, de maneira sistematizada, os fatores antrópicos e naturais dos municípios propensos à desertificação, abordando os cenários que vão se configurando nos diversos indicadores utilizados na dinâmica ambiental e socioeconômica que pode ser aplicada a outras áreas do país.

A comparação com o desenvolvimento por município mostrou que, de fato existe uma relação de reciprocidade negativa e que deve ser quebrada por políticas públicas e iniciativas privadas para que não se perpetue, agravando ainda mais o processo de desertificação e dificultando cada vez mais a difícil trajetória em direção ao desenvolvimento sustentável.

6 - Anexos

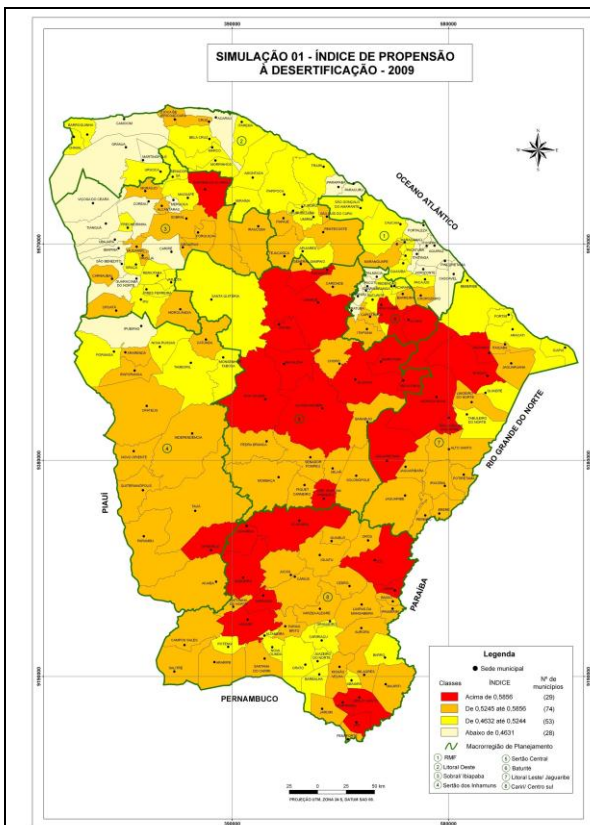


Figura 2 - Simulação hum para o Índice de Propensão à Desertificação. Elaboração dos Autores.

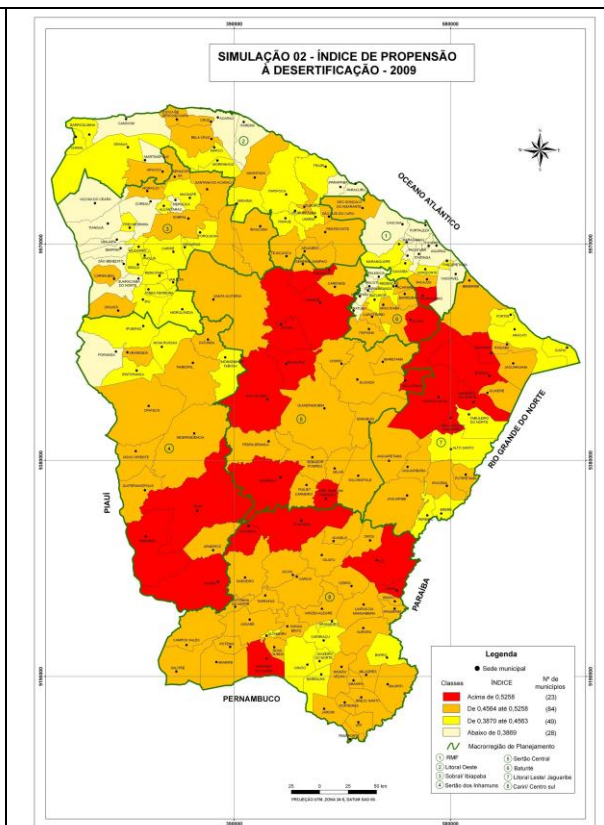


Figura 3 - Simulação dois para o Índice de Propensão à Desertificação. Elaboração dos Autores.

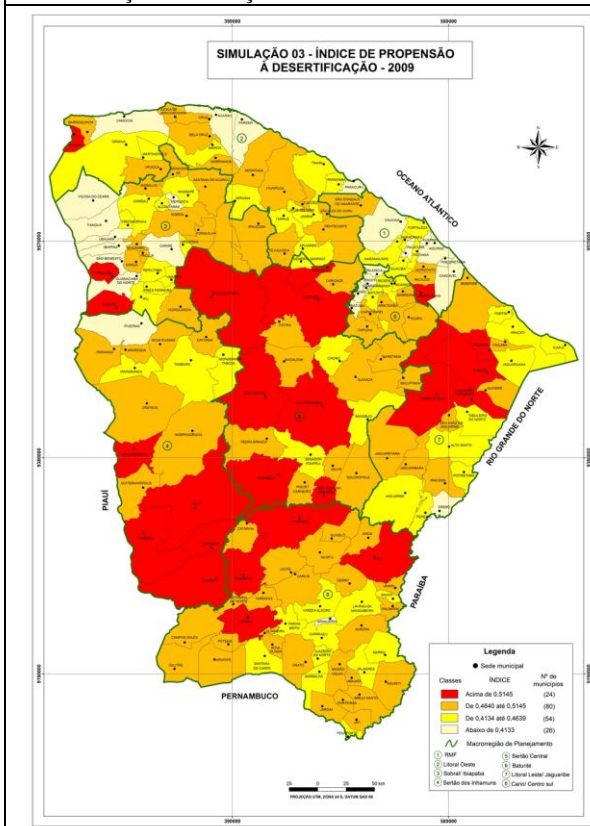


Figura 4 - Simulação três para o Índice de Propensão à Desertificação. Elaboração dos Autores.

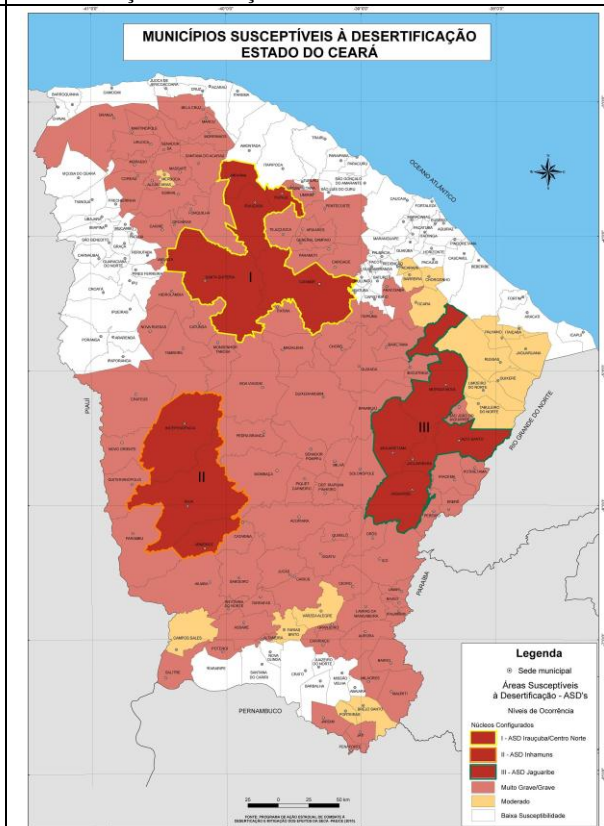


Figura 5 - Municípios susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará. Elaboração dos Autores.

## 7 - Referências Bibliográficas

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. 2010. 372 p.
- CARVALHO, E.B.S., “**Ensinar a Pescar**”: **APL como Política Alternativa de Redução da Pobreza**. Anais ANPEC Regional. Fortaleza. Julho 2009.
- CASTRO, V. L. L., MEDEIROS, E. G., MINEIRO, F. **Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/Secretaria de Recursos Hídricos. 2005. 78 p.
- CONTI, J.B. **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia aplicada ao Nordeste Brasileiro**. Tese Livre Docência - USP, São Paulo, 1995.
- FRANÇA, Álvaro Eugênio Duarte de, ACCIOLY, Luciano José de Oliveira, OLIVEIRA, Adenilson Kerlison Carvalho de. **Reflexos da Desertificação no Nordeste do Brasil**. Recife: Embrapa Solos UEP, 2002. 5 p.
- FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na microregião do Médio Jaguaribe e parte das microrregiões do baixo Jaguaribe e Serra do Pereiro**. Fortaleza: FUNCEME, 2009. 63 p.
- GALVÃO, A.L. C.de O. **Reconhecimento da Susceptibilidade Ao Desenvolvimento de Processos de Desertificação no Nordeste Brasileiro, a partir da Integração de Indicadores Ambientais**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília Instituto de Geociências. Brasília. (Área de concentração: Geociências) 2001. 298pg.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM)**. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/categoria4/idm/>> Acesso em 05/04/2011 às 10:00h.
- LEITE, F. R. B., OLIVEIRA, S. B. P., BARRETO, M. S., CARVALHO, G. M. B. de S., FILHO, M. R. de F. **Degradação Ambiental e Susceptibilidade aos Processos de Desertificação na Região do Médio Jaguaribe- CE**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1315 - 1322.
- PNAD-IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009.
- RODRIGUES, M.I.V. **A Propensão à Desertificação no Estado do Ceará: Análise dos Aspectos Agropecuários, Econômicos, Sociais e Naturais**. Dissertação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza (Área de concentração: Gestão Econômica de Recursos Naturais e Política Ambiental). 2006. 118 p.
- SEN, A. **Desenvolvimento como Liberdade**. São Paulo: Cia. das Letras, 1999.
- SIEGEL, S. **Estatística Não-Paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- SOUZA, B. I. de, SUERTEGARAY, D. M. A. **Desertificação: considerações sobre o estado atual do conhecimento e a repartição do processo**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Boletim Gaúcho de Geografia. 2005. 12 p.
- VAZ, R. **Combate à Desertificação: Conceitos, Panorama Geral e a Experiência da Comunidade do Poço Salgado no Ceará**. Fortaleza: Instituto Sertão, 2005. 12 p.