

IMPACTOS DA PERENIZAÇÃO DO RIACHO TERRA NOVA NA AGRICULTURA IRRIGADA DO MUNICÍPIO DE CABROBÓ/PE

IMPACTS OF THE TERRA NOVA STREAM PERENNIALIZATION IN THE IRRIGATED AGRICULTURE OF THE CABROBÓ/PE MUNICIPALITY

Andre Keiti Ide

Mestre em Agronomia, Especialista em Recursos Hídricos, Especialista em Geoprocessamento Ambiental –
Ministério da Integração Nacional. andrekeiti@hotmail.com

Marcia Cristiane Kravetz Andrade

Gestora Ambiental, Especialista em Ecologia Urbana – Centro Universitário Uninter.
marciacriskra@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos causados pela perenização do Riacho Terra Nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE, por meio da quantificação de área irrigada antes e depois do início da liberação de água proveniente do Projeto de Integração do Rio São Francisco, iniciada em maio de 2016. As áreas irrigadas foram quantificadas por meio de classificação de imagens dos satélites CBERS-4 e Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros. Foi possível constatar que área irrigada no vale do Riacho Terra no período anterior à sua perenização era de 68,8 ha passando a ser de 194,5 ha após o início da liberação da água. A perenização do Riacho Terra promoveu o aumento da área irrigada no município de Cabrobó/PE, no entanto, para o adequado aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis é necessário o desenvolvimento de ações que promovam o uso mais eficiente da água na irrigação, bem como a implementação de mecanismos de gestão da água utilizada pelos produtores rurais.

Palavras chaves: Irrigação. Gestão de Bacias Hidrográficas. Sensoriamento Remoto. Transposição.

ABSTRACT

This work aim to evaluate the impacts caused by the perennialization of the Terra Nova stream in irrigated agriculture in the municipality of Cabrobó, Brazil, by the quantification of irrigated area before and after the beginning of the water liberation from the São Francisco River Integration Project, initiated in May 2016. The irrigated areas were quantified by image classification from CBERS-4 and Sentinel-2 satellites data, with spatial resolution of 10 meters. It was possible to verify that irrigated area in the Terra Nova stream valley in the period prior to its perennialization was of 68.8 ha, increasing to 194.5 ha after the beginning of the water release. The perennialization of the Terra Nova stream promoted the increase of the irrigated area in the municipality of Cabrobó/PE, however, for the adequate use of available water resources, it is necessary to develop actions that promote the more efficient use of water in irrigation, as well as the implementation of water resource management mechanisms used by the local farmers.

Keywords: Irrigation. Watershed Management. Remote Sensing. Transposition.

INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX e início do século XXI, o aumento na demanda de água para atendimento de atividades agrícolas, industriais e para o abastecimento humano foi expressivo. Estima-se que em 1900, o volume de água doce captado dos mananciais, a nível mundial, era da ordem de 580 Km³ por ano, passando a ser da ordem de 3.900 Km³ anuais em 2010 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO, 2015). Desta forma, uma adequada gestão dos recursos hídricos, associada a investimentos em pesquisas e tecnologias que buscam pelo uso eficiente da água, são fundamentais para direcionar o uso da água para o caminho da sustentabilidade (SHEN et al., 2013).

Segundo informações do Ministério da Integração Nacional, no município de Cabrobó no Estado de Pernambuco, a atual situação de escassez hídrica tem levado irrigantes à situação de conflito pelo uso da água com outros setores da sociedade (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016a). O reservatório Nilo Coelho, existente na região, é utilizado como manancial de abastecimento da área urbana do município de Terra Nova/PE e também fornece água para a irrigação de pequenas propriedades agrícolas localizadas nas margens do Riacho Terra Nova, já no município de Cabrobó/PE. Este reservatório chegou a 0% de sua capacidade no mês de março de 2013, permanecendo com menos de 7% de sua capacidade até o final de 2016 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016a).

Em meio a este cenário de extrema escassez hídrica, houve o início da realização de bombeamentos de água por parte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (Transposição), para fins de testes e comissionamento do sistema de canais, bombas e reservatórios recém construídos no município de Cabrobó/PE. Diante desta situação, agricultores familiares que irrigam pequenas áreas localizadas nas margens do Riacho Terra Nova, reivindicaram a liberação de água do Projeto de Integração do Rio São Francisco para a perenização do Riacho Terra Nova. Apesar da água bombeada até o momento ser para finalidade de testes, pois o sistema ainda não entrou em efetiva operação, o Ministério da Integração Nacional autorizou a liberação das águas, em caráter emergencial, para amenizar os conflitos. Foi liberada, a partir de 04 de maio de 2016, uma vazão 0,5 m³ s⁻¹ para o Riacho Terra Nova (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016a).

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos causados pela liberação das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco na agricultura irrigada praticada por pequenos produtores rurais localizados nas margens do Riacho Terra Nova, no município de Cabrobó/PE.

MONITORAMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA NA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com dados estatísticos publicados pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) a agricultura é responsável pelo consumo de aproximadamente 70% de toda água doce utilizada. Este fato faz com que o aprimoramento da gestão e o desenvolvimento de tecnologias que busquem o uso eficiente da água na agricultura sejam ações estratégicas para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos (SINGH, 2014; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO, 2015).

Segundo Lilienfeld e Asmild (2007) o consumo de água na agricultura irrigada depende de diversos fatores, os quais podem variar desde condições meteorológicas, tipos de cultivo, práticas agrícolas e ambientais, tipo de solo, até características relacionadas ao perfil socioeconômico e idade do agricultor. Todos esses fatores se relacionam de forma complexa e não linear, de modo que a variação em um dos fatores provoca mudanças em outros parâmetros e assim sucessivamente (DINPASHOH et al., 2011). Em que pese a importância de todos estes fatores, o consumo total de água dos cultivos irrigados depende, sobretudo, da extensão da área irrigada (JANG et al., 2012). Apesar desta expressiva importância, há uma lacuna de informações precisas sobre a quantidade e localização das áreas irrigadas, limitando, em muitas ocasiões, uma adequada gestão dos recursos hídricos utilizados na irrigação (WRIEDT et al., 2009).

A principal fonte de informações quantitativas sobre a área irrigada é o censo agropecuário. No entanto, a realização de censos agropecuários representa elevadas demandas de tempo, recursos humanos e financeiros (DHEERAVATH et al., 2010), de modo que, no Brasil, a sua execução ocorre, em geral, a cada 10 anos. Além do elevado período de tempo com que são divulgados, os dados censitários de área irrigada, no Brasil, são agrupados por município, o que dificulta a extração de informações de área irrigada em locais específicos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016). Nesta

seara, a estimativa de área irrigada realizada a partir de imagens de sensoriamento remoto se apresenta como uma alternativa potencial para o monitoramento da irrigação em locais e datas específicas. Essa tecnologia tem sido testada e aplicada por diversos autores para o mapeamento de área irrigada em países como China, Estados Unidos e Índia (OZDOGAN et al., 2010; GUMMA et al., 2011; ZHU, et al., 2014). No Brasil, destacam-se alguns trabalhos de mapeamento de área irrigada por meio de imagens de satélite, realizados por Sá et al. (2007), Silva et al. (2014) e Guimarães e Landau (2015).

Não obstante o seu elevado consumo de água, a agricultura irrigada tem sido crucial para o aumento na produção de alimentos e para o desenvolvimento de comunidades rurais (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO, 2015). A agricultura irrigada ocupa apenas 23% da área cultivada no mundo, mas é responsável por 40% da produção global de alimentos (SINGH, 2014). Na região Nordeste do Brasil, a escassez de água é o principal fator limitante para produção de fibras e alimentos. Em locais de clima árido e semiárido, a agricultura não irrigada apresenta grande vulnerabilidade, principalmente em função da ocorrência de precipitações de pequeno volume e com distribuição irregular (DJAMAN et al., 2015). No semiárido brasileiro, apesar das precipitações anuais serem de até 1.200 mm em alguns locais, a sua distribuição é irregular e com grande variabilidade interanual (NÓBREGA e SANTIAGO, 2014; MARENCO e BERNASCONI, 2015).

A necessidade de expansão da agricultura irrigada, seja para atender a crescente demanda por alimentos, ou para promover o desenvolvimento socioeconômico, associada à crescente urbanização e industrialização, tem agravado a competição pelo uso da água entre irrigantes e outros setores da sociedade (KUO et al., 2006; ZHAI et al., 2010; SILVA et al., 2012). Recentemente no Brasil, as regiões Sudeste e Nordeste tem enfrentado uma condição de baixa disponibilidade de água, chegando a caracterizar cenários de crise hídrica. Segundo informes da Agência Nacional de Águas (ANA) foram constatadas nos anos de 2013 e 2014 eventos anômalos de estiagem em importantes bacias da região Sudeste e Nordeste, resultando em vazões médias anuais inferiores a 50% da vazão histórica. Estas anomalias provocaram significativos impactos para a agricultura, indústria e, sobretudo, para o abastecimento de grandes cidades, a exemplo do ocorrido na bacia do Rio Paraíba do Sul e no Sistema Cantareira, responsáveis pelo abastecimento de parte

das regiões metropolitanas das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

Em grande parte do semiárido brasileiro, os últimos anos foram caracterizados pela ocorrência de precipitações abaixo da média histórica, fazendo com que 60% dos reservatórios da região, que são monitorados pela ANA, estivessem com menos de 30% da capacidade de armazenamento no final de 2014. Este cenário de baixa disponibilidade hídrica tem gerado impactos diretos sobre a agricultura irrigada da região, com a ocorrência de conflitos entre irrigantes e outros setores da sociedade. Estes fatos levaram a Agência Nacional de Águas a adotar ações regulatórias emergenciais, como restrições e até suspensões de captações de água para irrigação em diversos rios e reservatórios do semiárido (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

Desta forma, o monitoramento da agricultura irrigada, incluindo o levantamento de informações sobre a distribuição espacial das áreas irrigadas, é uma atividade fundamental na gestão de bacias hidrográficas, sobretudo em situações de escassez hídrica e em uma condição que envolve a integração de recursos hídricos de diferentes bacias, como no caso da Bacia do Riacho Terra Nova no município de Cabobó/PE.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

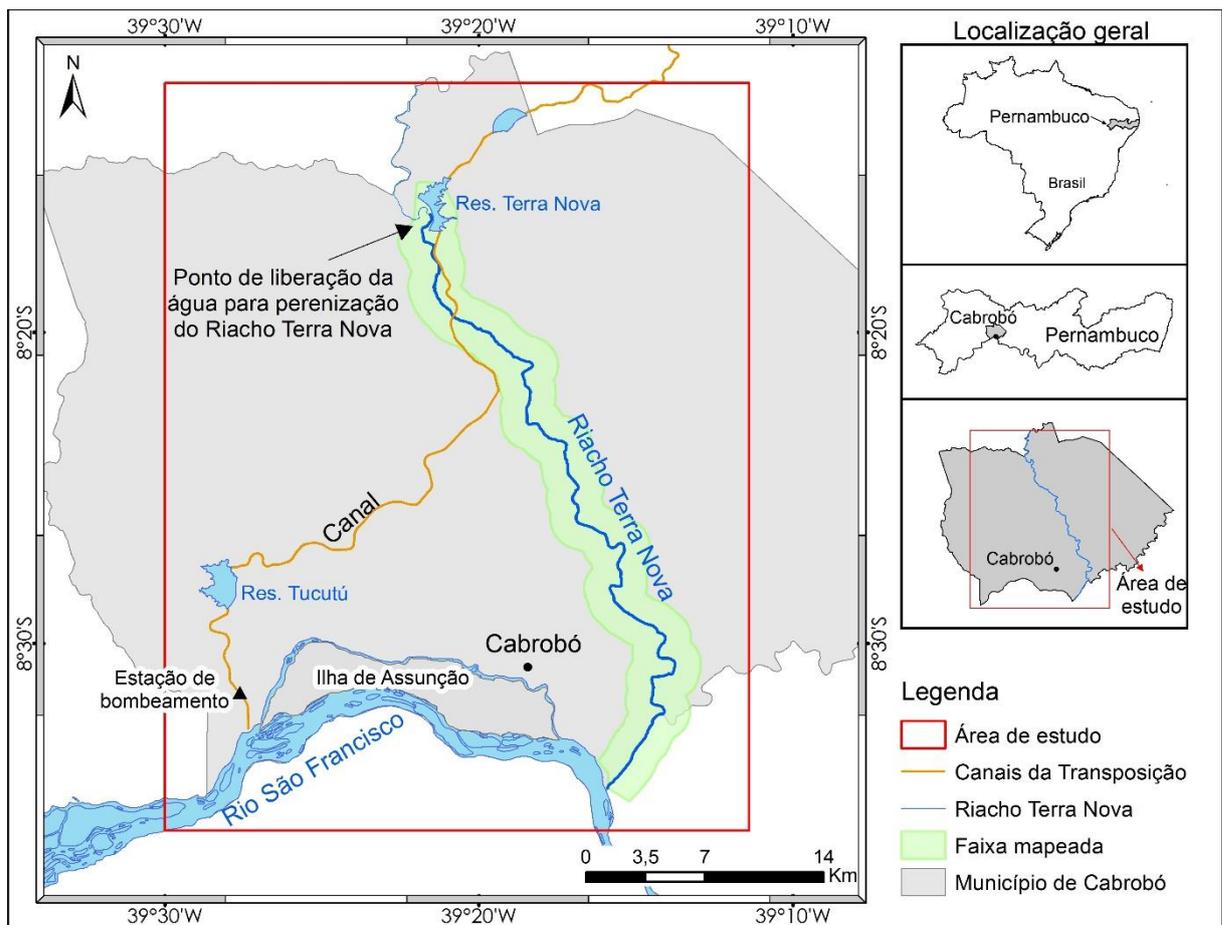
A área de estudo está integralmente localizada no Semiárido Brasileiro, delimitada pelas latitudes 8° 12' 0" e 8° 36' 0" S e longitudes 39° 11' 24" e 39° 30' 0" W, abrangendo parcialmente o território do município de Cabrobó, no Estado de Pernambuco (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é o BSW_h, semiárido, com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e estação chuvosa no verão que se atrasa para o outono, podendo não ocorrer (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005). As precipitações apresentam médias anuais inferiores a 700 mm, com maior concentração nos meses de janeiro a maio (ALVARES et al., 2014).

Ao sul da área de estudo encontra-se o Rio São Francisco, onde se localiza a captação do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Após a captação a água aduzida por este sistema é bombeada por uma estação de bombeamento, sendo em seguida, conduzida por canais até os reservatórios Tucutú e Terra Nova. Neste ponto, com

Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE

coordenadas 8° 15' 53" S e 39° 21' 40" W, ocorre a liberação das águas aduzidas pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco ao Riacho Terra Nova por meio da tomada d'água da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016b). A análise realizada neste estudo compreende as áreas irrigadas localizadas nas margens do Riacho Terra Nova, partindo deste ponto até o seu encontro com o Rio São Francisco.

Figura 1. Área de estudo indicando a localização do trecho do Riacho Terra Nova.



Fonte: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016b.

DADOS UTILIZADOS

As áreas irrigadas nas margens do Riacho Terra Nova, à jusante do ponto de liberação das águas da barragem do Projeto de Integração do Rio São Francisco, foram quantificadas nos períodos anterior e posterior à perenização iniciada em maio de 2016.

As áreas agrícolas, principalmente aquelas cultivadas com culturas anuais, apresentam elevado dinamismo ao longo do tempo, de modo que em poucas semanas

podem ocorrer transições entre as fases de preparo do solo, plantio, crescimento e colheita. Este dinamismo faz com que o mapeamento de toda a área irrigada ao longo de determinado período, demande imagens de satélite de mais de uma data, uma vez que, um determinado talhão agrícola que se apresenta com solo exposto em uma data, pode se apresentar cultivado sob irrigação semanas seguintes (ALEXANDRIDIS et al., 2008; GUMMA et al., 2011). Desta forma, neste estudo foram utilizadas duas imagens de satélites de datas diferentes para quantificar a área irrigada no período anterior perenização, e duas imagens para o período posterior à perenização (Tabela 1). Foram utilizadas imagens da câmera PAN a bordo do satélite CBERS-4, e imagens do sensor MSI (Multispectral Instrument) a bordo do satélite Sentinel-2A. Estes dois sensores geram imagens com resolução espacial de 10 m, o que segundo González-Dugo et al. (2013) permite a realização de mapeamentos a análises individuais de pequenas de áreas agrícolas. Foram escolhidas imagens com mínima cobertura de nuvens sobre a área de estudo, e de datas correspondentes ao período seco na região, o que favorece a distinção entre áreas agrícolas irrigadas e não irrigadas. As imagens do satélite CBERS-4 foram obtidas gratuitamente junto ao catálogo de imagens da página eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016a), e as imagens do satélite Sentinel-2 foram obtidas gratuitamente na página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS, 2016a).

Também foram utilizados dados vetoriais de hidrografia obtidos no portal de metadados da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016b), além de informações sobre o Projeto de Integração do Rio São Francisco obtidos na página eletrônica do Ministério da Integração Nacional (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016b) e junto ao Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016a).

Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE

Tabela 1. Características das imagens de satélite utilizadas para quantificação da área irrigada nas margens do Riacho Terra Nova.

	Satélite/sensor	Data	Tile	Bandas
Período anterior ao início da perenização	CBERS-4/PAN	11/09/2015	151/109	2 (verde); 3 (vermelho); 4 (infravermelho próximo)
	SENTINEL-2A/MSI	26/12/2015	24LVR	2 (azul); 3 (verde); 4 (vermelho); 8 (infravermelho próximo)
Período posterior ao início da perenização	CBERS-4/PAN	09/09/2016	151/109	2 (verde); 3 (vermelho); 4 (infravermelho próximo)
	SENTINEL-2A/MSI	01/10/2016	24LVR	2 (azul); 3 (verde); 4 (vermelho); 8 (infravermelho próximo)

Fontes: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016b; SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS, 2016b.

PROCESSAMENTO DOS DADOS

Primeiramente foram verificadas a acurácia posicional das imagens obtidas, comparando-se com a rede de drenagem obtida junto à Agência Nacional de Águas. Constatou-se visualmente que as imagens do Sentinel-2 apresentam acurácia posicional adequada à escala e aos propósitos do presente estudo. Segundo Clerc (2016) as imagens do satélite Sentinel-2 atualmente disponibilizadas na página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos, são ortorretificadas, possuindo geolocalização absoluta com erro inferior a 9,2 m, apresentando ainda correção multiespectral e temporal. Como as imagens do satélite CBERS-4 apresentaram grandes variações de posicionamento, suas imagens foram submetidas ao processo de registro, com o uso do aplicativo computacional de processamento de imagens ENVITM (versão 5.1), utilizando-se como referência as imagens do Sentinel-2.

Em rápida inspeção visual nas imagens obtidas, verificou-se que as áreas irrigadas nas margens do Riacho Terra Nova estão a uma distância máxima de 1500 m de cada lado de seu leito natural. Desta forma, o procedimento de classificação das imagens foi

realizado em uma faixa de 1500 m para cada lado do leito do Riacho Terra Nova, iniciando no ponto de liberação das águas Projeto de Integração do Rio São Francisco até a foz do Riacho Terra Nova (Figura 1).

Cada uma das imagens foi classificada por meio do algoritmo “Minimal Distance” implementado no software ENVITM (versão 5.1). Foram coletadas amostras de treinamento das classes: vegetação natural, mata de galeria, solo exposto, nuvem, sombra de nuvem e agricultura irrigada. As imagens classificadas foram submetidas a um filtro Kernel 3x3, e agregação de classes com número de pixels inferior a nove.

Para cada uma das imagens classificadas, a classe correspondente à área irrigada foi vetorizada e exportada para polígonos. Todas as demais classes foram rotuladas como “não irrigada”, procedendo-se também a sua vetorização e exportação para polígonos. No software Arcmap 10.1 foi realizada a união dos polígonos das áreas irrigadas da primeira imagem do período anterior à perenização do riacho, com os polígonos das áreas irrigadas da segunda imagem, também do período anterior à perenização. Foi considerada, como área total irrigada, a área calculada sobre o resultado da união dos polígonos das duas imagens. O mesmo procedimento foi adotado para as imagens do período posterior ao início da perenização.

ANÁLISE DE PRECISÃO E ERRO DA CLASSIFICAÇÃO

Para a avaliação da qualidade da classificação foi construída matriz de confusão considerando as classes "irrigada" e "não irrigada", seguida do cálculo do índice de exatidão global e índice Kappa. Foi adotado o esquema de amostragem estratificada, sendo gerados 50% dos pontos na classe irrigada e 50% na classe não irrigada. O tamanho da amostra foi de 36 pontos, dimensionada em conformidade com a fórmula da distribuição binomial, com intervalo de confiança de 95% de probabilidade, exatidão global esperada de 90% e erro de amostragem permissível de 10% (COSTA e BRITES, 2004). Para a avaliação de cada ponto amostrado, foi realizada interpretação visual da própria imagem, utilizando-se a composição colorida R(4)G(8)B(3) para as imagens do Sentinel-2A e R(3)G(4)B(2) para as imagens do CBERS-4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

A classificação adotada apresentou boa distinção entre área irrigada e não irrigada com exatidão global média de 0,93 e índice Kappa médio de 0,86 (Tabela 2). Segundo a classificação proposta por Landis e Koch (1977), o índice Kappa superior a 0,81 indica excelente concordância dos dados.

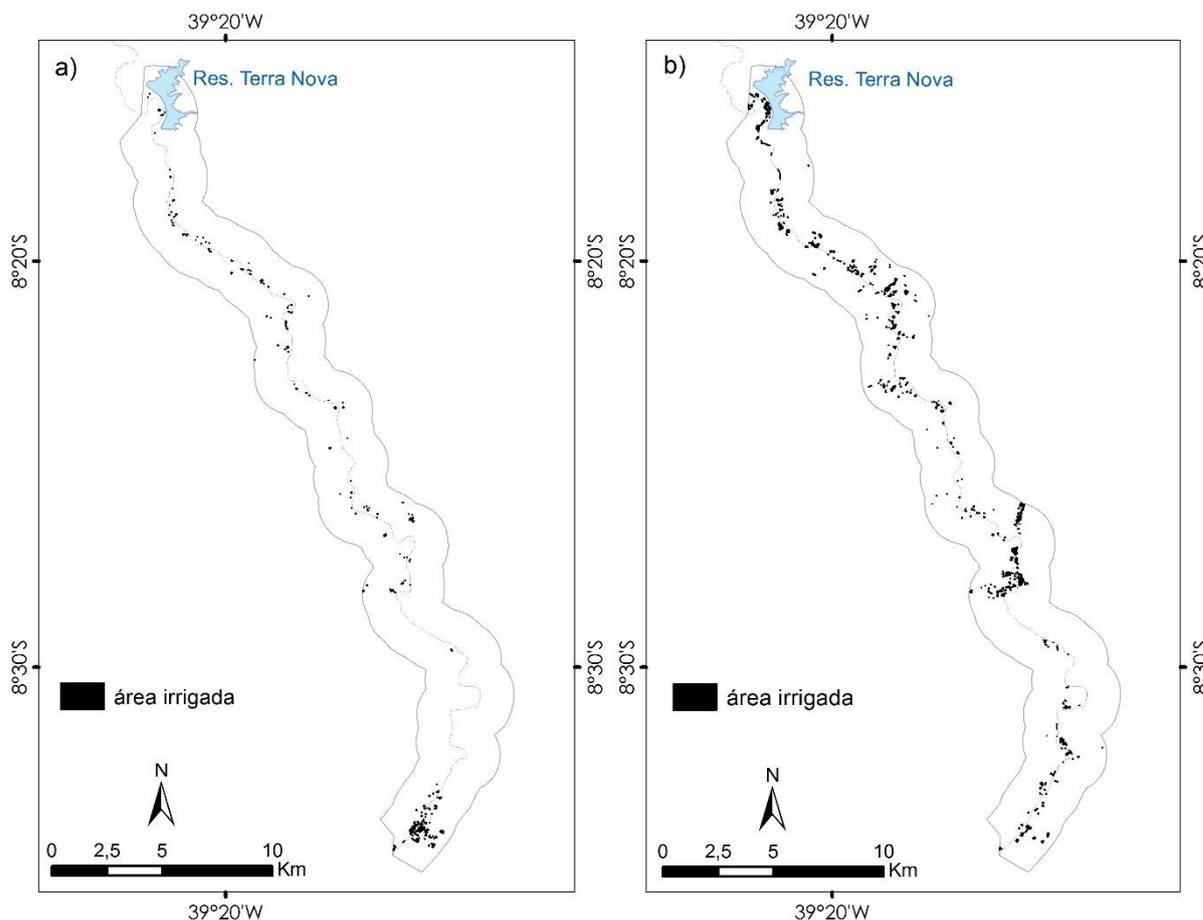
Tabela 2. Exatidão global e índice Kappa da classificação de áreas irrigadas nas margens do Riacho Terra Nova, considerando as classes “irrigada” e “não irrigada”.

Satélite/sensor	Data	Exatidão global	Índice Kappa
CBERS-4/PAN	11/09/2015	0,97	0,94
SENTINEL-2A/MSI	26/12/2015	0,94	0,89
CBERS-4/PAN	09/09/2016	0,89	0,78
SENTINEL-2A/MSI	01/10/2016	0,92	0,83
Média		0,93	0,86

O resultado do mapeamento das áreas irrigadas nas margens do Riacho Terra Nova, nos períodos anterior e posterior ao início da liberação das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco são apresentados na Figura 2. Em relação ao padrão de distribuição espacial das áreas irrigadas, constata-se que para o período anterior à perenização (Figura 2a) há concentração de áreas irrigadas no trecho final do Riacho Terra Nova, já na chegada à sua foz, justamente no local de maior disponibilidade hídrica. No período posterior ao início da liberação das águas, constata-se um padrão diferenciado, com as áreas irrigadas distribuídas ao longo de toda a extensão do trecho estudado (Figura 2b). Este fato pode ser um indicativo de que a maior oferta hídrica propiciada pela abertura da tomada d'água da barragem Terra viabilizou o desenvolvimento da agricultura irrigada em locais onde anteriormente havia restrição de água. Além disso, verificou-se que as áreas irrigadas são consistidas por pequenos talhões agrícolas, com tamanho variando de 0,12 a 2,5 ha. Este padrão reafirma a premissa de que a irrigação nesta localidade é praticada por pequenos

agricultores.

Figura 2. Áreas irrigadas nas margens do Riacho Terra Nova, a) no período anterior ao início da liberação das águas da Transposição e b) no período posterior.



QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS IRRIGADAS

No período anterior à perenização a área total irrigada nas margens do Riacho Terra Nova foi quantificada em 68,8 ha, e após o início da liberação das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco a área irrigada foi quantificada em 194,5 ha (Tabela 3). Em termos percentuais, este aumento foi de 283%.

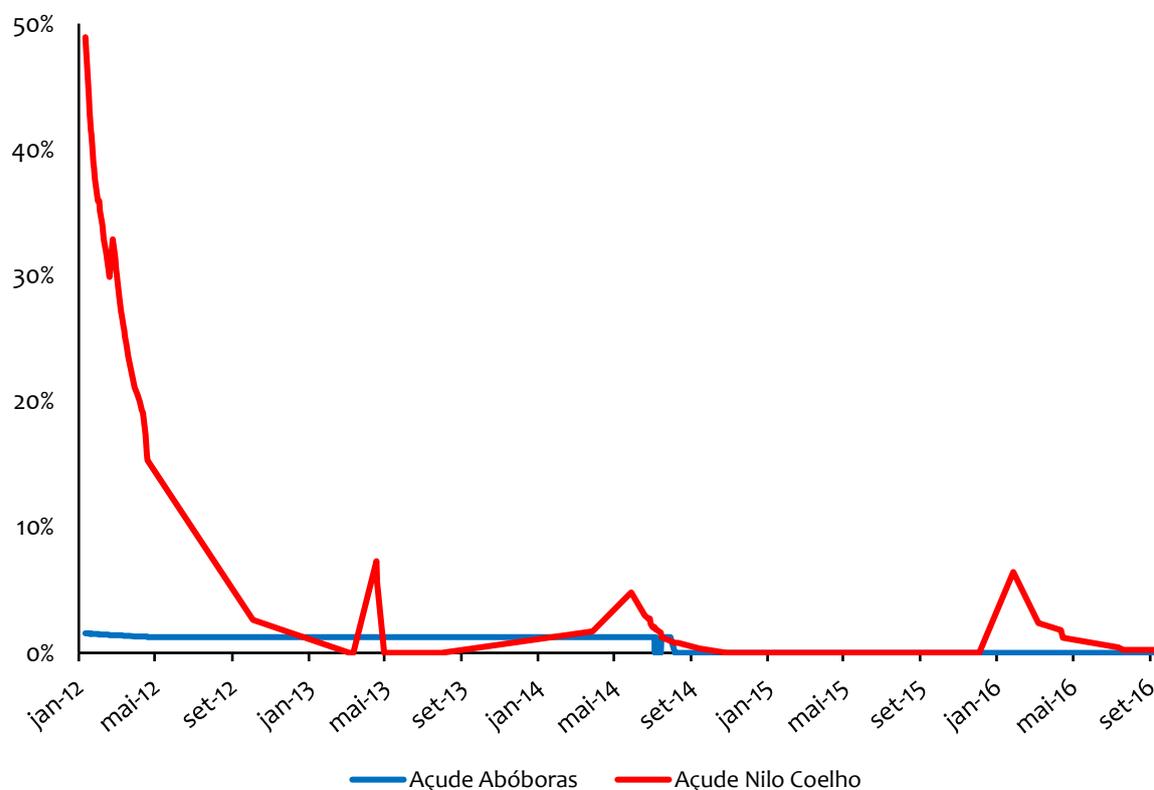
Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE

Tabela 3. Área irrigada, em hectares, quantificada a partir da classificação de imagens de satélites, nas margens do Riacho Terra Nova.

Período	Área irrigada em hectares		
	CBERS-4	Sentinel-2A	Sobreposição
Período anterior à liberação de água	34,7	45,7	68,8
Período posterior à liberação de água	137,3	111,0	194,5

Diversos fatores podem influenciar o quantitativo da área irrigada de determinada região, como a demanda de mercado, preço dos produtos, disponibilidade de água, condições climáticas, dentre outros. No entanto, sabe-se que nesta região, a baixa disponibilidade de água tem limitado o desenvolvimento da agricultura irrigada, o que pode ser constatado a partir das restrições e até suspensões de captações de água para irrigação, aplicadas pela Agência Nacional de Águas, como medidas regulatórias emergenciais em diversos rios e reservatórios da região (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015). No período anterior a liberação das águas da Transposição, a disponibilidade hídrica do Riacho Terra Nova, no trecho avaliado neste estudo, era controlada pela operação das barragens dos reservatórios Nilo Coelho e Abóboras, existentes à montante. Segundo informações extraídas do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios da ANA (SAR), estes dois reservatórios estiveram com nível abaixo de 7% da sua capacidade no período estudado (Figura 3), sendo razoável inferir que a oferta hídrica no Riacho Terra Nova, nos trechos à jusante destas barragens, se manteve praticamente constante e em níveis baixos ao longo do período estudado. Desta forma, pode-se concluir que a baixa oferta hídrica no Riacho Terra Nova foi um fator limitante ao desenvolvimento da agricultura irrigada por parte de pequenos agricultores instalados próximo às duas margens, e que a liberação da vazão de $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ oriundas da Transposição, contribuiu para o aumento da área irrigada nas margens do Riacho Terra Nova.

Figura 3. Volume percentual dos Açúdes Abóboras e Nilo Coelho localizados na bacia do Riacho Terra Nova.



Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016a.

POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA

De acordo com o censo agropecuário do IBGE, realizado em 2006, a área total irrigada no município de Cabrobó/PE é de 3.918 ha, distribuídas em 823 estabelecimentos rurais. A maior parte desta área está localizada nas margens do Rio São Francisco e na Ilha de Assunção. O método de irrigação mais utilizado é o de superfície, predominando os sistemas de sulcos e inundação, os quais ocupam 88% da área total. A área irrigada nas margens do Riacho Terra Nova representa uma pequena fração do total da área irrigada do município, sendo de 1,76% para o período anterior à perenização e de 4,96% para o período posterior. O fato da área irrigada nas margens do Riacho Terra Nova representar uma pequena proporção do total do município, não reduz sua importância social e econômica, uma vez que a prática da irrigação é um instrumento eficaz na promoção do aumento dos rendimentos rurais, e na geração de empregos no campo (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO, 2014), contribuindo assim

para o desenvolvimento rural local.

As principais culturas irrigadas no município de Cabrobó/PE são cultivos temporários como a cebola, milho, feijão e melancia, assim como cultivos permanentes como a banana e a goiaba (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2011). Considerando demandas hídricas médias de $1,5 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, recomendado para estimativas gerais de consumo de água para irrigação por superfície (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA, 2002), que é o método predominante entre os agricultores do município, estima-se que a vazão necessária para irrigar os atuais 194,5 ha identificados nas margens do Riacho Terra Nova seja da ordem de $0,29 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. O Ministério da Integração Nacional informou que a tomada d'água do reservatório Terra Nova possui capacidade para liberar até $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e que neste período inicial liberou $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Considerando que não há outras demandas significativas, e que ao longo do Riacho Terra Nova existem pequenos barramentos capazes de armazenar a água temporariamente, pode-se estimar que a vazão liberada neste período de testes seria capaz de irrigar uma área de 335 ha. Se for considerada a adoção de métodos mais eficientes no uso da água, a exemplo da irrigação localizada, com demanda hídrica média de $0,8 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, a vazão liberada de $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ permitiria irrigar uma área de aproximadamente 600 ha, desde que sejam adotadas práticas adequadas de manejo da irrigação. Considerando este cenário de maior otimização, a vazão máxima da tomada d'água de $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ seria suficiente para irrigar cerca de 2.500 ha.

Para uma análise mais completa do potencial de crescimento da agricultura irrigada nas margens do Riacho Terra Nova, outros fatores devem ser considerados. Um fator relevante se refere à prioridade de uso das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco, a qual, de acordo com Resolução ANA n. 411/2005, é o consumo humano. O uso para irrigação é condicionado a períodos de maior oferta hídrica no Rio São Francisco (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005). Desta forma, para um aproveitamento adequado do potencial hidroagrícola do Riacho Terra Nova é fundamental a aplicação de um sistema de gestão dos recursos hídricos que considere a vazão naturalmente disponível na bacia conjuntamente com as vazões que podem ser ofertadas pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco. Neste processo, também deverá ser envolvida a operação do açude Nilo

Coelho, existente a montante e que, futuramente, também poderá receber e regularizar tanto as vazões naturais como aquelas oriundas da Transposição. A gestão deve conciliar as demandas da área urbana do município de Terra Nova, a qual é a principal usuária do Açude Nilo Coelho, com as demandas dos irrigantes das margens do Riacho Terra Nova, lançando mão dos instrumentos de outorga e cobrança pelo uso da água.

Além disso, para a otimização do aproveitamento do potencial hidroagrícola das margens do Riacho Terra Nova, é necessário o investimento em assistência técnica aos irrigantes. Segundo Lilienfeld e Asmild (2007), apenas a conversão do método de irrigação por superfície para irrigação localizada não garante o aumento da eficiência de uso da água na irrigação, sendo necessária a aplicação efetiva das práticas adequadas de manejo da irrigação.

Observa-se assim grande potencial de crescimento da agricultura irrigada nas margens do Riacho Terra Nova, a partir dos recursos hídricos que podem ser ofertados pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco. Além deste trecho do Riacho Terra Nova, outros riachos de outras localidades também poderão receber água por meio da abertura de tomadas d'água de 23 barragens do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Desta forma, a realização de ações como o mapeamento e monitoramento de áreas irrigadas, avaliação dos potenciais hidroagrícolas, e a implantação de mecanismos de gestão dos recursos hídricos, são fundamentais para o desenvolvimento da agricultura irrigada nos vales destes riachos receptores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A liberação de água do Projeto de Integração do Rio São Francisco promoveu aumento da área irrigada nas margens do Riacho Terra Nova, em Cabrobó/PE, a qual passou de 68,8 para 194,5 ha. Portanto, pode-se concluir que a perenização do Riacho Terra Nova, no período avaliado, favoreceu o desenvolvimento da agricultura irrigada praticada por agricultores familiares, sendo este um importante instrumento para a promoção do desenvolvimento local. Destaca-se que outros cursos hídricos intermitentes da região podem ser perenizados mediante a abertura das tomadas d'água de 23 barragens do Projeto de Integração do Rio São Francisco, possuindo assim, o potencial de alavancar o crescimento da área irrigada na região, aumentando a renda dos agricultores familiares e

Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE

gerando empregos nos municípios beneficiados.

Para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos e do potencial agrícola das margens do Riacho Terra Nova e dos demais cursos hídricos que podem, futuramente, receber água do Projeto de Integração do Rio São Francisco é fundamental o desenvolvimento de estudos adicionais e pesquisas futuras que visem um melhor conhecimento do potencial agrícola das margens dos cursos hídricos receptores. Neste contexto, pode-se citar a realização de pesquisas para o mapeamento dos solos mais favoráveis à prática da irrigação, assim como o desenvolvimento de uma metodologia para o mapeamento periódico da irrigação nos vales receptores. Destaca-se também a importância de pesquisas que objetivem a proposição de um mecanismo de gestão dos recursos hídricos destinados aos pequenos produtores que seja capaz de levar em consideração as particularidades de cada comunidade rural e o contexto de uso combinado dos recursos hídricos da própria bacia com aqueles oriundos da transposição de outras bacias.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2014**. Brasília, p.434, 2015. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf>. Acesso em: 06 de outubro, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Outorga ao Ministério da Integração Nacional o direito de uso de recursos hídricos do Rio São Francisco, para a execução do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Resolução n. 411 de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/documents/10157/3675235/Resolu%C3%A7%C3%A3o+411+ANA.pdf/cc058d49-0dac-4fa0-a2ff-2562bb9419c8>>. Acesso em 24 de outubro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Portal de metadados geográficos da Agência Nacional de Águas**. Apresenta metadados e respectivos dados vetoriais relativos à hidrografia nacional para download. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em 15 de outubro de 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema de Acompanhamento de Reservatórios**. Apresenta dados históricos do volume percentual dos reservatórios monitorados pela ANA. Disponível em: <<http://sar.ana.gov.br>>. Acesso em 15 de outubro de 2016a.

ALEXANDRIDIS, T. K.; ZALIDIS, G. C.; SILLEOS, N. G. Mapping irrigated area in Mediterranean basins using low cost satellite Earth Observation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.64, p.93-103, 2008.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. S.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

CLERC, S. **Sentinel -2. Data Quality Report. S2-PDGS-MPC-DQR**. European Space Agency – ESA, 2016. 25p. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2-Data-Quality-Report>>. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA – CODEVASF. **Manual de Irrigação: Planejamento Geral de Projetos de Irrigação**. Brasília, p.374, 2002. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/publicacoes/publicacoes-atuais/codevasf-manual-de-irrigacao>>. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COSTA, T. C. C. da; BRITES, R. S. A influência do tamanho da amostra de referência na exatidão de classificação de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.56, n.2, p.151-155, 2004.

DHEERAVATH, V.; THENKABAIL, P. S.; CHANDRAKANTHA, G.; NOOJIPADY, P.; REDDY, G. P. O.; BIRADAR, C. M.; GUMMA, M. K.; VELPURI, M. Irrigated areas of India derived using MODIS 500 m time series for the years 2001-2003. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.65, p.42-59, 2010.

DINPASHOH, Y.; JHAJHARIA, D.; FAKHERI-FARD, A.; SINGH, V. P.; KAHYA, E. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. **Journal of Hydrology**, v.399, p.422-433, 2011.

DJAMAN, K.; BALDE, A. B.; SOW, A.; MULLER, B.; IRMAK, S.; N'DIAYE, M. K.; MANNEH, B.; MOUKOUMBI, Y. D.; FUTAKUCHI, K.; SAITO, K. Evaluation of sixteen reference

Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE

evapotranspiration methods under sahelian conditions in the Senegal River Valley. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.3, p.139-159, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Principais Solos do Semiárido do Nordeste do Brasil**. 2005. 35p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/34392/1/OPB1114.pdf>>. Acesso em 02 de novembro de 2016.

GONZÁLEZ-DUGO, M. P.; ESCUIN, S.; CANO, F.; CIFUENTES, V.; PADILLA, F. L. M.; TIRADO, J. L.; OYONARTE, N.; FERNÁNDEZ, P.; MATEOS, L. Monitoring evapotranspiration of irrigated crops using crop coefficients derived from time series of satellite images. II. Application on basin scale. **Agricultural Water Management**, v.125, p.92-104, 2013.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Monitoramento da agricultura irrigada em tempo real. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa/PB, 25 a 29 de abril de 2015. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0693.pdf>>. Acesso em: 11 de outubro, 2016.

GUMMA, M. K.; THENKABAIL, P. S.; NELSON, A. Mapping Irrigated Areas Using MODIS 250 Meter Time-Series Data: A Study on Krishna River Basin (India). **Water**, v.3, p.113-131, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Apresenta os resultados do censo agropecuário realizado no ano de 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006>>. Acesso em 15 de outubro de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Câmeras Imageadoras CBERS-3 e 4**. Apresenta informações gerais e características técnicas dos sensores a bordo dos satélites CBERS-3 e 4. Disponível em: <http://www.cbears.inpe.br/sobre_satelite/cameras_imageadoras_cbears3e4.php>. Acesso em 24 de outubro de 2016b.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Catálogo de imagens do satélite CBERS-4**. Apresenta interface para seleção e download de imagens do satélite CBERS-4. Disponível em: <<http://www2.dgi.inpe.br/CDSR/#zoom=3>>. Acesso em 24 de outubro de 2016a.

JANG, C. S.; CHEN, S. K.; KUO, Y. M. Establishing an irrigation management plan of sustainable groundwater based on spatial variability of water quality and quantity. **Journal of Hydrology**, v.414, p.201-210, 2012.

KUO, S. F.; HO, S. S.; LIU, C. W. Estimation irrigation water requirements with derived crop coefficients for upland and paddy crops in ChiaNan Irrigation Association, Taiwan. **Agricultural Water Management**, v.82, p.433-451, 2006.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

LILIENFELD, A.; ASMILD, A. Estimation of excess water use in irrigated agriculture: a data envelopment analysis approach. **Agricultural Water Management**, v.94, p.73-82, 2007.

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic Change**, v.129, p.103-115, 2015.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI. **Informação sobre água da Transposição do Rio São Francisco em Cabrobó/PE**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida pelo Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão. <<http://esic.gov.br>>. Acesso em 14 setembro 2016a.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI. **Projeto de Integração do Rio São Francisco**. Apresenta informações e estudos técnicos do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco>>. Acesso em 15 de outubro de 2016b.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – MDA. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável do Sertão do São Francisco - Pernambuco**. Brasília, p.113, 2011. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio083.pdf>. Acesso em: 02 de novembro, 2016.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência da temperatura na superfície do mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator**, v.13, n.1, p.107-118, 2014.

Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO. **Statistical Pocketbook**. Rome, p.216, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>>. Acesso em: 25 de outubro, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO. **Statistical Yearbook 2014, Latin America and the Caribbean Food and Agriculture**. Santiago, p.181, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/019/i3592e/i3592e.pdf>>. Acesso em: 25 de outubro, 2016.

OZDOGAN, M.; YANG, Y.; ALLEZ, G.; CERVANTES, C. Remote sensing of irrigated agriculture: opportunities and challenges. **Remote Sensing**, v.2, p.2274-2304, 2010.

SÁ, I. S.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. B.; GALVÍNIO, J. D.; RIBEIRO, J. G. Dinâmica da agricultura irrigada em uma área do Vale do São Francisco utilizando técnicas de sensoriamento remoto. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Aracajú/SE, 02 a 05 de julho de 2007. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159189>>. Acesso em: 11 de outubro, 2016.

SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS. **Earth Explorer**. Apresenta interface para seleção e download de imagens do satélite Sentinel-2. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 24 de outubro de 2016a.

SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS. **Sentinel-2. The long term archive**. Apresenta informações gerais e características técnicas dos sensores a bordo do satélite Sentinel-2. Disponível em: <http://lta.cr.usgs.gov/sentinel_2>. Acesso em 24 de outubro de 2016b.

SHEN, Y.; LI, S.; CHEN, Y.; QI, Y.; ZHANG, S. Estimation of regional irrigation water requirement and water supply risk in the arid region of Northwestern China 1989–2010. **Agricultural Water Management**, v.128, p.55-64, 2013.

SILVA, B. B. da; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, L. M. M. de; GALVÍNIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1218–1226, 2012.

SILVA, G. N. S. da; MORAES, M. M. G. A. de; SILVA, A. C. S. da. Delimitação das áreas irrigadas no trecho do Sub-Médio do Rio São Francisco. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal/RN, 04 a 07 de novembro de 2014. Disponível em <<http://docplayer.com.br/17029290-Xii-simposio-de-recursos-hidricos-do-nordeste.html>>. Acesso em: 11 de outubro, 2016.

SINGH, A. Conjunctive use of water resources for sustainable irrigated agriculture. **Journal of Hydrology**, v.519, p.1688-1697, 2014.

WRIEDT, G.; VAN DER VELDE, M.; ALOE, A.; BOURAQUI, F. Estimating irrigation water requirements in Europe. **Journal of Hydrology**, v.373, p.527-544, 2009.

ZHAI, L.; FENG, Q.; LI, Q.; XU, C. Comparison and modification of equations for calculating evapotranspiration (ET) with data from Gansu province, northwest China. **Irrigation and Drainage**, v.59, p.477-490, 2010.

ZHU, X.; ZHU, W.; ZHANG, J.; PAN, Y. Mapping irrigated areas in China from remote sensing and statistical data. **Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v.7, p.4490-4504, 2014.