



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



## Captação da Água Subterrânea no Aquífero Aluvionar do Rio Jaguaribe, Ceará: *Evolução e Problemática*

Antônio Flávio Costa Pinheiro<sup>1</sup>, Andrea Almeida Cavalcante<sup>2</sup>, Aderson Barbosa Costa<sup>3</sup>, Itabaraci Nazareno Cavalcante<sup>4</sup>, Maurício de Oliveira Paula<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará, Av. Governador João Carlos, 61, Serrinha, CEP 60741000, Fortaleza - Ceará, (85) 996294482. E-mail: [fpinheiro666@gmail.com](mailto:fpinheiro666@gmail.com). <sup>2</sup>Doutora em Geografia pela Universidade Federal Fluminense. E-mail: [andreauece@gmail.com](mailto:andreauece@gmail.com). <sup>3</sup>Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará. E-mail: [costa.aderson@gmail.com](mailto:costa.aderson@gmail.com). <sup>4</sup>Doutor em Geociências pela Universidade de São Paulo. E-mail: [itabaracacavalcante@gmail.com](mailto:itabaracacavalcante@gmail.com). <sup>5</sup>Mestre em Educação pela Universidade Estadual do Ceará. E-mail: [portuguesmauricio50@gmail.com](mailto:portuguesmauricio50@gmail.com).

Artigo recebido em 09/09/2023 e aceito em 04/10/2023

### RESUMO

Esta pesquisa problematiza a exploração de água subterrânea da aluvião do rio Jaguaribe, em São João do Jaguaribe-Ceará, considerando a dinâmica socioeconômica com a interface da evolução técnica de exploração de água nesse aquífero freático de 57,96 km<sup>2</sup>, analisada sob o foco técnico, político e social. Por mapeamento *in loco*, foram cadastrados 816 poços tipificados em tubulares, mistos e cacimbões, além da profundidade do poço, coluna de água, profundidade e nível estático. Foram utilizados GPS portátil para obtenção das coordenadas no sistema DATUM SIRGAS 2000, trena e medidor eletro-sonoro de nível de água. Predominam os poços rasos com profundidade média de 8,73m; nível estático com média de 4,30m e lâmina de água (coluna de água) com média de 4,45m. As técnicas de captação de água se iniciaram com o domínio dos cata-ventos até a metade da década de 1970, quando passaram a coexistir com os gasogênios até o início da década de 1980 e, finalmente se teve o domínio dos motores-bombas elétricos no mesmo contexto da eletrificação rural, da intensificação do uso de adubos químicos, agrotóxicos e máquinas agrícolas. Posteriormente, na segunda década deste século, começaram as instalações das bombas submersas nos poços mais profundos. Contudo, embora esse desenvolvimento tecnológico tenha favorecido uma maior exploração das águas de superfície e subterrâneas, resultando em maior oferta hídrica e produtividade econômica, as pequenas e médias atividades agrícolas, caracterizadas por pomares, foram definindo pelos altos custos da energia elétrica e pelo endividamento com pacotes tecnológicos, os quais foram contaminando os solos e as águas, o que resultou na quebra do metabolismo de troca de material e de energia na relação do homem com a terra, bem como na intensificação do êxodo rural.

Palavras-chave: tecnologia; exploração; aluvião; poços; capitalismo.

## Groundwater Capture in the Alluvial Aquifer of River Jaguaribe, Ceará: Evolution and Problematic

### ABSTRACT

This research problematizes the Jaguaribe River alluvium, in São João do Jaguaribe-CE, considering the socioeconomic dynamics with an interface of the technical evolution of water exploitation in this 57.96 km<sup>2</sup> aquifer, analyzed qualitatively and quantitatively. By on-site mapping, 816 wells were registered, typified in tubular, mixed and dug wells [big buckets], besides water column, depth and water table. This was done with the use of a portable GPS in the Datum Sirgas 2000 system, a tape measure and an electronic water level meter. Shallow wells predominate with an average depth of 8.73m, water table averaging 4.30m and water blade (water column) averaging 4.45m. The techniques of water collection started by mastering the windmills until the mid-1970s, which coexisted with the gasogenes until the early 1980s, and, finally, mastering the electric pump-motors in the same context of rural electrification, the intensification of the use of chemical fertilizers, pesticides and agricultural machinery. However, although this technological development favored a greater exploitation of surface and underground water, which resulted in a greater flow and economic productivity, small and medium agricultural activities, characterized by orchards, were languishing due to the high costs of electricity and indebtedness to technological packages, which were contaminating the soil and water, resulting in the breakdown of the metabolism of material exchange and energy in the relationship between man and land, as well as the rural exodus intensification.

Keywords: technology; exploitation; alluvium; water; capitalism.

## Introdução

Para compreender as águas subterrâneas na interface com o uso e ocupação do solo, é importante discutir a construção da racionalidade moderna. Ao refletir sobre a modernização, mesmo que não seja um pensador no viés do materialismo histórico e dialético, não devemos esquecer de Weber (2020) defendendo a ideia de que o mundo moderno deve ser compreendido levando-se em conta os processos globais de racionalização, não só no âmbito econômico, como também no político-cultural. Em Marx (2019a; 2019b; 2021a, 2023), o termo *modernização* expressa o desenvolvimento científico-tecnológico, atrelado à gênese e consolidação do modo de produção capitalista. Portanto, a modernização no campo, como ressaltam Fausto (2019), Firmiano (2018), Mitidiero Júnior (2022), Pinheiro (2004) e Pinheiro et al. (2019), está relacionada à expansão e ao fortalecimento das relações capitalistas no sentido amplo, ou seja, no âmbito não só do econômico, mas também no político-cultural, principalmente pela concorrência no mercado mundial<sup>1</sup> que tem provocado um novo padrão de produtividade pela combinação da ciência, tecnologia e atuação do mercado financeiro. Acerca das intervenções nos diversos ambientes como os aquíferos e os custos sociais no sistema produtor de mercadorias, foram importantes Montibeller (2021), Dias *et al.* (2021), Sayre & Löwy (2021), Saito (2021), Barbieri (2020).

Ao se falar em modernização do campo sem considerar o decurso histórico em sua totalidade, com suas complexidades e contradições socioeconômicas, tecnológicas e políticas, não dizemos muita coisa, pois não se trata de uma realidade que se explica apenas no âmbito fenomênico, manifestada pelas inovações técnicas e seus instrumentais, na produtividade, no esvaziamento da população rural, nos impactos ambientais, nas mudanças comportamentais etc. Todos esses aspectos devem ser considerados, mas não na aparência, na quantificação e, sim, em sua complexidade atrelada à formação social em sua conjuntura histórica.

A modernização da agropecuária brasileira é considerada conservadora, pois não foi condicionada pela busca do bem-estar social, mas para favorecer os interesses dos grandes proprietários e da indústria de insumos e equipamentos agrícolas, os

quais se apropriam de uma renda total, cada vez maior, em consequência do aumento da produção e da produtividade, como também da superexploração dos trabalhadores. Além da intensificação da concentração fundiária, tem acontecido também o agravamento da situação dos assalariados rurais e dos agricultores familiares, sejam eles pequenos proprietários, arrendatários, parceiros ou posseiros.

Como consequência de toda essa política de modernização do campo, que se intensificou a partir da década de 1960, a produção de grãos, passou de 20 milhões de toneladas em 1960, para 52 milhões de toneladas em 1980, além de ter duplicada a área cultivada com aumento de produtividade, o que possibilitou a multiplicação por 2,6 do volume de safra (Luna & Klein, 2016). Tudo isso com a manutenção da estrutura fundiária, do aumento da miséria no campo e na cidade, dentro da lógica dos interesses do agronegócio que aumentou seus lucros e que foi favorecido com as políticas governistas. O fato de a indústria ter se expandido em proporção maior do que a agricultura não significou que a atividade agrícola tenha se estagnado. O país continuava sendo marcado pela alta concentração fundiária, conforme Fausto (2019).

A Região do Médio/Baixo Jaguaribe (CE), nas últimas décadas, vem passando por uma intensa dinâmica em sua produção econômica, estabelecendo uma reestruturação produtiva, inclusive com investimentos públicos que permitem viabilizar pontos do seu território e integrá-los aos interesses do capital a nível regional, nacional e até mesmo internacional (Figura 1).

Nesse processo de modernização, incluímos na Região do Baixo Jaguaribe as transformações que vêm ocorrendo em relação às técnicas de exploração de águas subterrâneas para produção agrícola. Os cata-ventos, como sistemas técnicos de captação de água, começaram a ser usados nessa região ainda no início do século XX (Lima, 1997; Soares, 2000; Muniz, 2004). Esse sistema de captação de água dominou, na área de estudo (São João do Jaguaribe) até a metade da década de 1970, quando passou a coexistir com os gasogênios até o início da década de 1980. Nesse período, veio o domínio dos motores-bombas elétricos no mesmo contexto da amplitude da modernização capitalista no campo, marcada pela eletrificação rural, au-

<sup>1</sup> “Impelida pela necessidade de mercados sempre novos, a burguesia invade todo o globo terrestre. Necessita estabelecer-se em toda parte, explorar em toda parte, criar vínculos em toda parte. Pela exploração do mercado mundial, a burguesia imprime um caráter cosmopolita à produção e ao consumo em todos os países [...]. Ao invés das antigas necessidades, satisfeitas pelos produtos nacionais, surgem novas demandas, que

reclamam para sua satisfação os produtos das regiões mais longínquas e de climas os mais diversos. No lugar do antigo isolamento de regiões e nações autossuficientes, desenvolvem-se um intercâmbio universal e uma universal interdependência das nações. E isso se refere tanto à produção material como à produção intelectual” (Marx e Engels, 2015, p. 43).

mento do consumo de adubos químicos, de agrotóxicos e máquinas agrícolas, possibilitando aumento da exploração de água e uma maior produtividade agrícola (Pinheiro *et al.*, 2019). Posteriormente, houve a implantação e uso das bombas submersas, predominando nos poços mais profundos, mais potentes e com maior consumo de energia elétrica.

Nesse contexto, questiona-se a visão de neutralidade das técnicas e advoga-se que elas estão atreladas às necessidades do sistema capitalista. Revela-se que a introdução das técnicas de captação das águas está associada aos pacotes tecnológicos agropecuários, como eletrificação, consumos de insumos químicos e mecanização. Procura-se, também, expor a forma que assumiu o fortalecimento das relações capitalistas no espaço estudado e seus desdobramentos.

Esta pesquisa busca transpor as análises meramente tecnicistas do processo modernizador capitalista nas relações de uso do Aquífero Aluvionar no município de São João do Jaguaribe-Ceará, tentando associar o desenvolvimento das forças produtivas com a realidade social e ambiental que ela produz.

Compreende-se que os estudos em Geociências não devem estar fundamentados apenas na compreensão realidade empírica da natureza, como solo, vegetação, rocha, clima, relevo etc., mas devem também considerar os aspectos sociais como fundamentais para a existência da própria ciência.

Entende-se, pois, o estudo científico a partir do conceito de totalidade que vincula os aspectos físicos à dinâmica social. Não se questiona, aqui, a importância dos princípios das ciências positivas, mas afirma-se a interconexão entre a realidade social, que é historicamente determinada, e as ciências.

Procura-se, assim, demonstrar que as mudanças sociais que decorrem da modernização do processo produtivo impactam de forma profunda na forma de existência e na subjetividade dos indivíduos afetados por elas. Neste trabalho, defende-se a hipótese de que a modernidade produzida pela

evolução tecnológica no campo promove a migração e a sedentarização da maioria dos indivíduos que nele habitam e a mudança dos cultivos pelos que nele permanecem, os quais serão afetados pelo rebaixamento do nível freático, em virtude da elevação da exploração de água necessária para as novas demandas produtivas, a exemplo da carcinicultura.

Assim, este artigo objetiva tipificar e discutir o Aquífero Aluvionar do rio Jaguaribe e sistemas técnicos de exploração de suas águas a partir da década de 1960, em São João do Jaguaribe-CE. Essa abordagem inclui o processo de modernização capitalista no campo, assim como suas consequências hidroambientais e socioeconômicas.

## Material e métodos

### Área de Estudo

A área estudada fica no município São João do Jaguaribe, na mesorregião do Baixo Jaguaribe, na porção nordeste do Ceará, pertencente à Carta Topográfica de Limoeiro do Norte SB.24-X-C-II (Feitosa & Benvenuti, 1998), estando, consoante o IPECE (2017), no contexto climático Tropical Semiárido, com média de temperatura de 27°C e pluviosidade média anual de 730,5mm, com período chuvoso de 3 a 4 meses. Esse município faz fronteira ao Norte com Limoeiro do Norte, ao Sul com Alto Santo, a Leste com Tabuleiro do Norte e a Oeste com Morada Nova (Figura 1).

A partir de Costa (2021), Pinéo & Palheta (2021), Oliveira (2020), Caxito *et al.* (2020), Almeida *et al.* (2011) sabe-se que, geologicamente, a região estudada encontra-se inserida no Domínio Litotectônico Rio Grande do Norte (DRGN), no contexto da Província Borborema. As unidades geológicas da área pesquisada são o Complexo Jaguaretama, Suíte Granitoide Serra do Deserto, Suíte Intrusiva Itaporanga, Formação Faceira e a deposição quaternária holocênica, que constitui a aluvião do rio Jaguaribe (Figura 2).

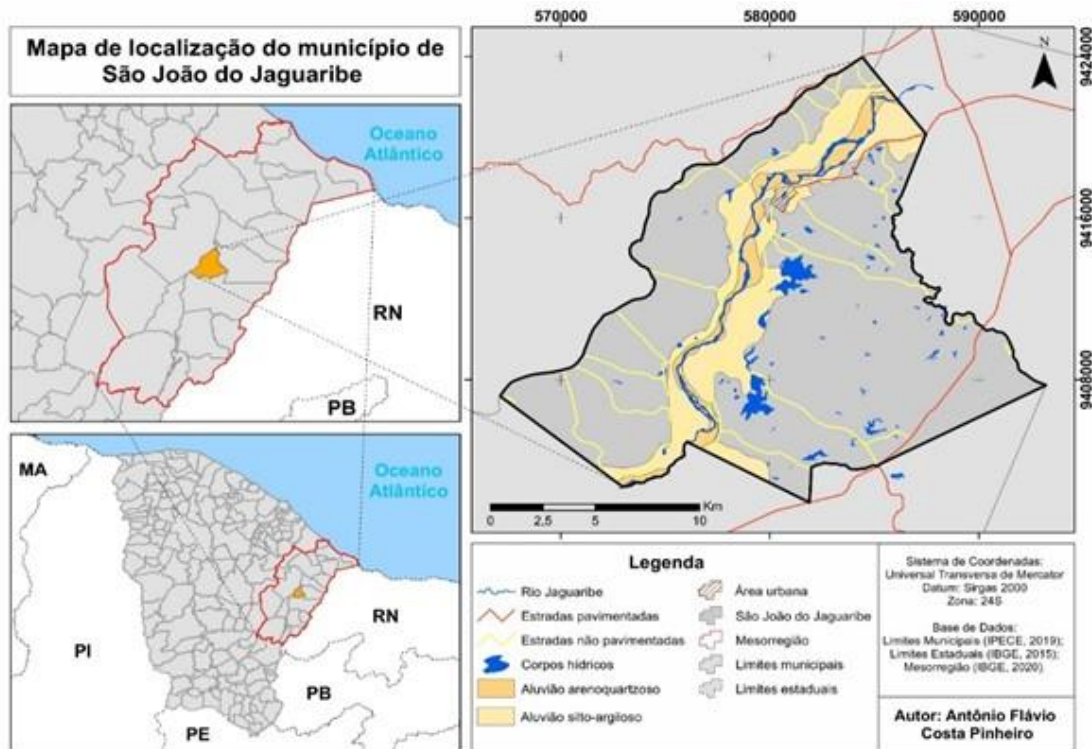


Figura 1. Localização de São João do Jaguaribe-Ceará

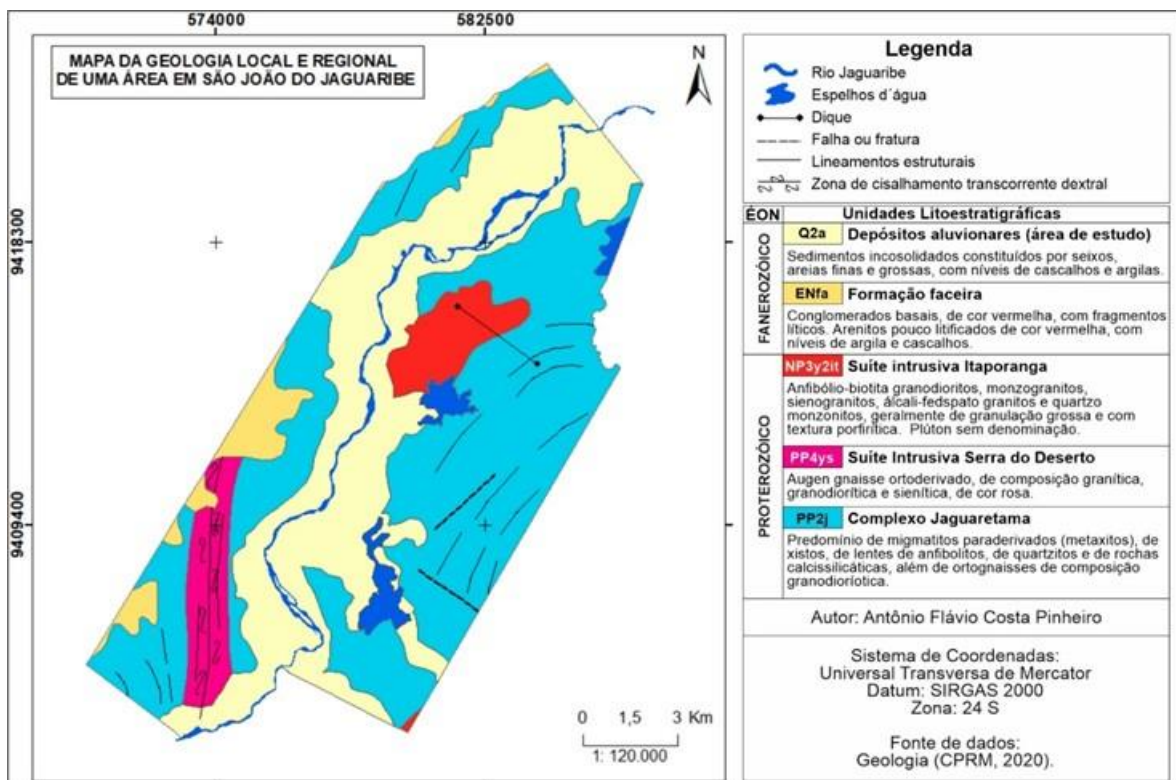


Figura 2. Geologia local e regional da área em São João do Jaguaribe-Ceará (2022).

A Suíte Intrusiva Itaporanga é constituída por corpos granitoides de composição diversa em que se destacam na diversidade litológica granitoide, geralmente de granulometria de média a

grossa (fácies porfiríticas subordinadas), de composição granítica dominante, em parte com enclaves dioríticos, em jazimentos individualizados ou embutidos nos corpos nos litotipos, que ocorrem como uma fase mais nova.

A Formação Faceira é do Pleistoceno e está inserida no Grupo Barreiras. É constituída, além de areias brancas da superfície, por uma sequência de arenitos e conglomerados de coloração clara amarelada, sem estratificação nítida e com variações bruscas de fácies.

As Coberturas Colúvio-aluvionares podem ser observadas em praticamente toda a área, em leitos de rios e riachos ou como sedimentos de granulometria variando de grossa a fina. Sabe-se que o holoceno é da época geológica mais recente que faz parte do Período Neógeno e se estende de 11.500 anos até hoje. Para compreensão do sistema aluvionar, considerando a estrutura, morfologia e relação entre água subterrânea e de superfície merecem destaque os estudos de Stevaux & Latrubesse (2017). Manchas aluvionares ocorrem margeando as calhas das principais drenagens e afluentes, representando uma boa alternativa como manancial hídrico, principalmente em áreas semiáridas que apresentam o domínio de rochas cristalinas. Os sedimentos são constituídos por detritos (clásticos), carregados e depositados pelo rio, sendo, portanto, de natureza alóctone.

#### Métodos e Procedimentos Metodológicos

Pressupomos, a partir de uma visão marxiana, que o processo de investigação do objeto requer a sua concatenação com os demais fenômenos naturais e sociais. Isso define a trajetória teórico-metodológica da pesquisa. Como contribuição para a caracterização aquífera e dos poços, foram importantes os escritos de Lopes (2015), Feitosa et al. (2008), Costa Filho et al. (1998). Para discussão acerca da evolução das técnicas de captação de água subterrânea atreladas ao uso e à ocupação do solo mediada pela modernização capitalista no campo, foram fundamentais as obras marxianas e marxistas, como as de Marx e Engels (2018), Marx (2016; 2018; 2019, 2021), Romero (2005) e Marcuse (2015), Rühle (2022), de forma que optamos pelo método do materialismo histórico e dialético.

Para esta pesquisa foram cadastrados 816 poços, em campo, tipificados em tubulares, mistos e cacimbões, profundidade, nível estático e coluna de água, ressaltando-se que no sistema SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/CPRM, constavam somente 23 poços. Todos foram mapeados com o uso de GPS portátil (GPS Map 60 Cx – Marca Garmim) no sistema DATUM SIRGAS 2000. Foram utilizados também trena e medidor eletro-sonoro de nível de água, da marca Water Control, modelo Ambiental. Predominam os poços rasos com profundidade média de 8,73m; nível estático médio de 4,30m e lâmina de água (coluna de água) média de 4,45m. A fotografia foi

um recurso utilizado para enriquecer as observações, pois contribui para as reflexões sobre o objeto de estudo, por facilitar a aproximação com a realidade, além de registrar os objetos. O uso da fotografia como instrumento de pesquisa não se resume a uma questão de expressão artística para destacar o ambiente e os sujeitos envolvidos. Esse meio potencializa o olhar do leitor e permite o estreitamento e aprofundamento na relação com o objeto fotografado.

#### Resultados

Na área pesquisada distinguem-se o Domínio Hidrogeológico Cristalino, composto pelas rochas graníticas e metamórfica, e o Domínio Hidrogeológico Sedimentar representado pela aluvião do rio Jaguaribe e pela Formação Faceira). Dos 816 poços mapeados, 98,79% estão situados no Aquífero Aluvionar que ocupa a área no sentido S – NNE; e 1,21%, no Cristalino, não tendo sido mapeado nenhum poço na Formação Faceira.

O Domínio Hidrogeológico cristalino se faz representar pelo Aquífero Fissural, apresentando porosidade e permeabilidade secundárias oriundas de fraturas abertas interconectadas. É um meio heterogêneo e anisotrópico com baixa vocação hidrogeológica. Conforme Almeida *et al.* (2016), as rochas cristalinas apresentam uma porosidade de 1% com uma efetividade que não ultrapassa a 1%. Contudo, Feitosa et al. (2008) advogam as rochas cristalinas como impermeáveis, com porosidade primária tendendo a zero, com o armazenamento de água acontecendo numa porosidade secundária em descontinuidades como contatos geológicos ou fraturas. Os meios cristalinos possuem, portanto, fraca vocação aquífera e as melhores áreas são condicionadas pela existência de zonas cisalhantes, com fraturas abertas e associadas, preferencialmente, a reservatórios hídricos superficiais que constituem fontes de recarga. As vazões produzidas por poços são pequenas, em geral, abaixo de 2 m<sup>3</sup>/h, e a capacidade específica tem dominância inferior a 1,0 [(m<sup>3</sup>/h)/m], em função das pequenas vazões e grandes rebaixamentos do nível d'água no poço e, além disso, na maior parte das vezes, a água é salinizada (Feitosa *et al.*, 2008).

No Ceará, tendo como referência Möbus et al. (1998), que utilizaram dados de ceca de 3.500 poços tubulares, a vazão média para o domínio das rochas cristalinas é de 1,7 m<sup>3</sup>/h. O baixo potencial hidrogeológico desse domínio não diminui sua importância, pois é essencial como alternativa de abastecimento de pouca demanda e em períodos de estiagens.

O Domínio Hidrogeológico Sedimentar abrange duas categorias aquíferas: Aquífero Poroso ou Granular, com porosidade primária ou Aquífero Cárstico, que apresenta porosidade secundária, normalmente decorrente do processo de dissolução. O material que constitui um aquífero

granular apresenta elevadas porosidades total e efetiva (eficaz) (Quadro 1).

Na aluvião do rio Jaguaribe, conforme Moraes *et al.* (2005), a espessura, no âmbito regional chega a ser de trinta metros (30 m) (Figura 3).

Quadro 1. Porosidade do material sedimentar (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Material	Porosidade total (%)	Porosidade Efetiva (%)
Argila	45	3
Areia	35	25
Pedregulho	25	22
Pedregulho e Areia	20	16
Arenito	15	8

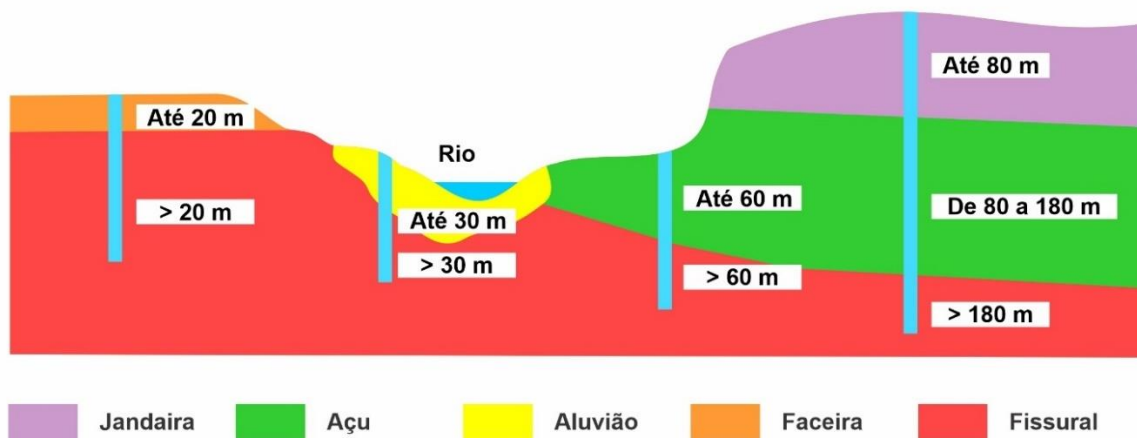


Figura 3. Espessuras sedimentares estimadas na Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, Ceará (Fonte: Adaptado de Moraes *et al.* (2005))

Os sedimentos são constituídos de argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas/fluviais. No leito do rio, os sedimentos apresentam granulometria mais grossa, como cascalhos e areia grossa, num contexto de maior energia de transporte; nos terrenos adjacentes, tem a planície

de inundação que apresenta sedimentos de granulometria mais fina de composição silteosa e argilosa, depositados no processo de cheias e abaixamento das águas, num contexto de menor energia (Figura 4 A e B).

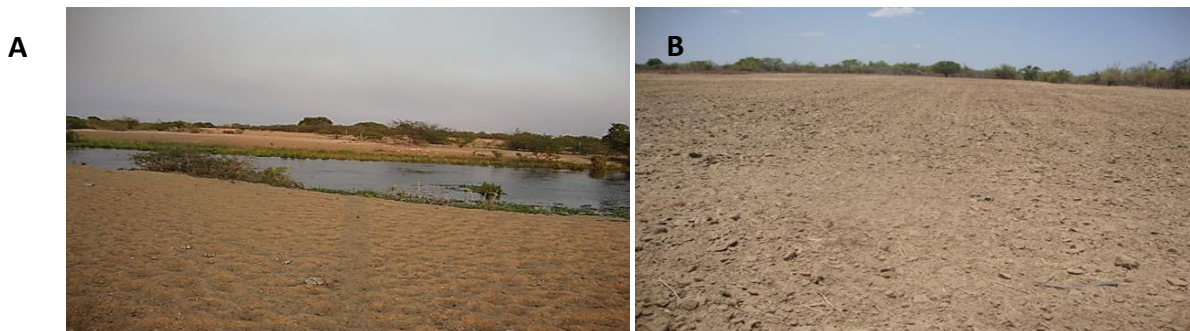


Figura 4. A) Sedimentos arenoquartzosos. B) Sedimentos silto-argilosos. (Fonte: Arquivo dos autores, 2021).

Dependendo da sinuosidade do rio, ele pode erodir uma margem (onde a correnteza é mais forte) e depositar o material posteriormente (onde a correnteza é mais fraca), formando depósitos de bancos de areia, chamados de *barras de pontais*, os quais são altamente mutáveis devido à dinâmica do rio.

A área arenoquartzosa costuma ser aproveitada para o plantio de culturas de vazantes, como feijão, fava, batata, melancia etc. A planície de inundação, de constituição siltoargilosa, além de ser aproveitada para as culturas citadas, é usada também para diversas outras atividades agrícolas

(fruticultura, caprinocultura), pecuária (principalmente bovina), carcinicultura etc.

A alta permeabilidade do material de composição arenosa compensa as pequenas espessuras, o que aumenta a transmissividade, produzindo vazões de poços significativas. Além disso, representa um aquífero livre (freático), de alta permeabilidade, com espessuras variáveis (PINHEIRO *et al.*, 2019). A Figura 5 e a Tabela 1 apresentam informações quantitativas da área aluvionar estudada (Figura 5) e (Tabela 1).

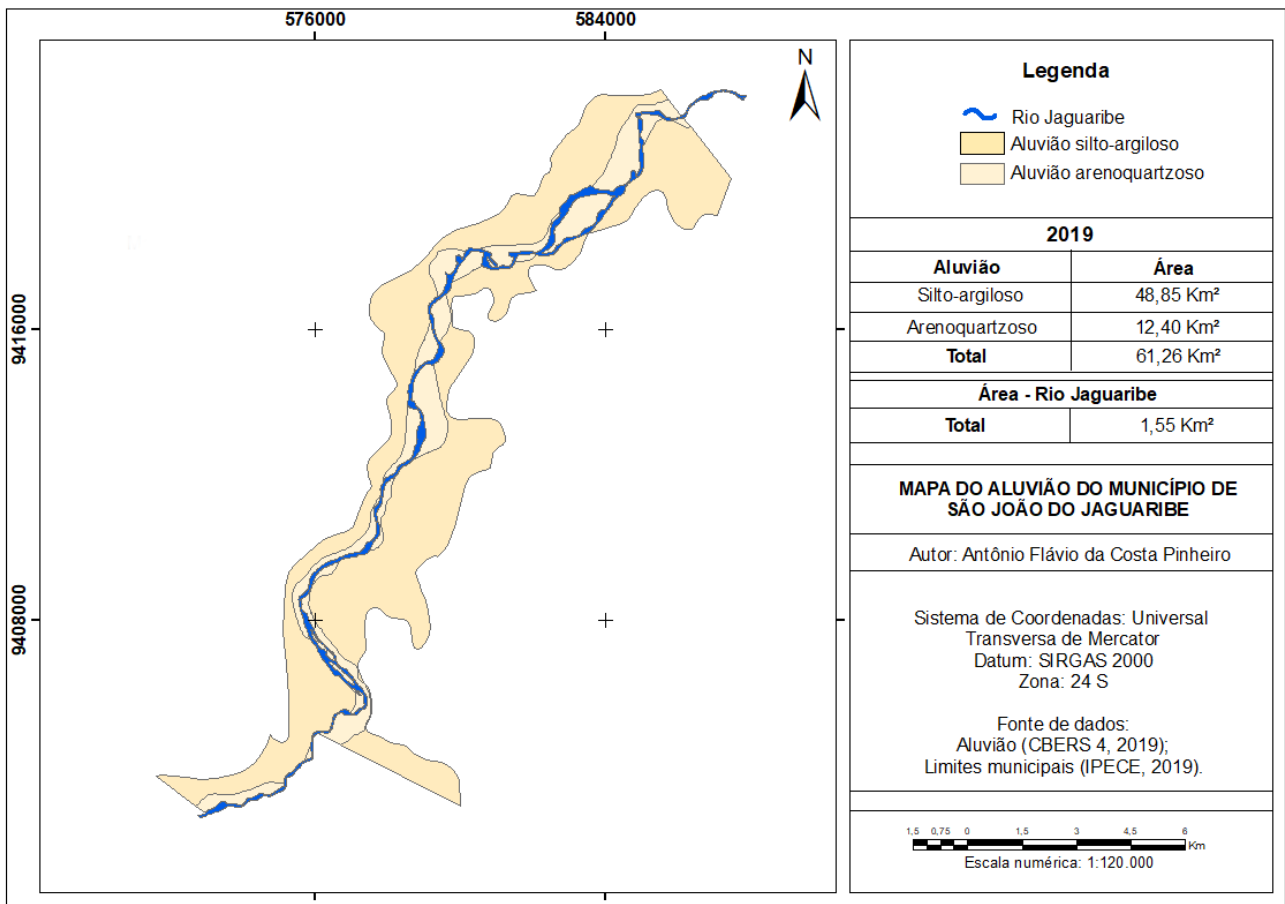


Figura 5. Caracterização quantitativa da aluvião na área estudada (2021).

**Tabela 1.** Quantificação da zona aluvionar da área estudada.

Feições da Aluvião	Lado Direito		Lado Esquerdo		Total	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Silto-argiloso	21,60	44,22	27,25	55,78	48,85	100
Arenoquartzoso	5,26	42,42	7,14	57,58	12,40	100
Área total	26,87	43,86	34,39	56,14	61,26	100

A aluvião, possui, portanto, uma área total de 57,96 km<sup>2</sup>, apresentando uma parte constituída por uma composição dominante arenoquartzosa, sendo a área de deposição de maior energia com sedimentos mais grossos e outra parte constituída por uma composição dominante siltoargilosa. Além disso, há uma área de deposição de menor energia com sedimentos mais finos, a qual corresponde à planície de inundação. Percebe-se que a maior área da aluvião está na margem direita (54,85%); a área total de constituição siltoargilosa é também maior no lado direito, o que corresponde a 54,39% da denominada planície de inundação. A maior concentração da área aluvionar no lado direito justifica maior concentração da produção agrícola nesse mesmo lado, principalmente na extensão da denominada planície de inundação.

Para compreender os mecanismos de exploração das águas subterrâneas, enquanto objeto técnico, numa abordagem histórica, é importante fazer uma discussão sobre as categorias técnica e tecnologia, trabalho, natureza, progresso e modo de produção. São diversas as leituras sobre essas categorias, conforme a base filosófica de conhecimento. No que concerne ao conceito de tecnologia, Corrêa (2002, p. 315) ressalta que:

O termo original grego *tecnologia* significa tratamento ou descrição sistemática de uma ou mais ‘*teknai*’ (artes práticas, ofícios). Foi em torno do século XVIII que se passou a utilizar o termo tecnologia com o significado de melhoramento racional das artes (técnicas), em especial daquelas que se exerciam na indústria mediante o estudo científico das mesmas e de seus produtos. Da metade do século XIX em diante, a ciência adquire total hegemonia no pensamento ocidental, sendo socialmente reconhecida pelas virtualidades instrumentais de sua racionalidade e pelo desenvolvimento tecnológico que tornou possível.

Na antiguidade clássica ocidental, ciência e filosofia eram conceitos sinonímicos, numa visão de totalidade de compreensão da realidade. A partir da modernidade, com a influência do pensamento de Descartes (2018) e de Kant (2015), a Teoria do Conhecimento, de caráter pragmático e fragmentário, fortaleceu-se, impulsionada pelo dualismo kantiano “sujeito-objeto”, que influencia, ainda hoje, as pesquisas científicas em diversas áreas, o que reforçou uma visão de natureza em oposição ao homem e do utilitarismo da técnica e da ciência à (re)produção do capital.

Karl Marx não compactua com a neutralidade da ciência e advoga que ela se vincula aos interesses dominantes no modo de produção, independente da época, e que está, portanto, atrelada à produção da mais valia e do lucro no capitalismo. Não existe, no pensamento marxiano, uma negação ao desenvolvimento tecnológico, ao avanço das forças produtivas, como é revelador em Marx e Engels (2015, p. 44):

A burguesia, em seu domínio de classe de apenas um século, criou forças produtivas mais numerosas e mais colossais do que todas as gerações passadas em seu conjunto. A subjugação das forças da natureza, as máquinas, a aplicação da química na indústria e na agricultura, a navegação a vapor, as estradas de ferro, o telégrafo elétrico, a exploração de continentes inteiros, a canalização dos rios, populações inteiras brotando da terra como por encanto.

Contudo, apesar da euforia com o desenvolvimento tecnológico de sua época, Karl Marx não se iludiu com o progresso no âmbito do modo de produção vigente, pois este não permite a universalidade do usufruto de seus benefícios, em função de que, embora a tecnologia potencialize a produtividade do trabalho, os trabalhadores vivenciam a pobreza e a miséria na mesma medida em que produzem a riqueza. Além disso, essa tecnologia utilizada na lógica da (re)produção do capital mostra-se predatória à natureza. Marx (2019b, p. 573) denuncia as consequências sociais e ambientais nefastas da agricultura industrial que se estabelecia em função do desenvolvimento das forças produtivas no capitalismo, ao afirmar que:

Assim como na indústria urbana, na agricultura moderna o incremento da força produtiva e a maior mobilização do trabalho são obtidos por meio da devastação e do esgotamento da própria força de trabalho. Todo progresso da agricultura capitalista é um progresso na arte de saquear não só o trabalhador, mas também o solo, pois cada progresso alcançado no aumento da fertilidade do solo por certo período é ao mesmo tempo um progresso no esgotamento das fontes duradouras dessa fertilidade.

O termo desenvolvimento é um dos eixos de discussão na Economia Política Clássica. Diferente dos Fisiocratas, que consideravam a terra como a fonte do excedente e, portanto, da riqueza, para Smith (1996) o “desenvolvimento” identifica-se com o crescimento da produtividade do trabalho,

além de receber influência das determinações econômicas, sociais e políticas. Marx (2016; 2019a; 2019b) critica a valorização do capital como um fim em si mesmo e a exploração da classe trabalhadora que a sustenta. Salienta a unidade entre homem e natureza, esta como o corpo inorgânico do homem, e defende que o desenvolvimento capitalista se sustenta no processo de acumulação de capital mediante a exploração dos trabalhadores.

A intensificação da lógica capitalista no espaço agropecuário brasileiro, a partir da segunda metade do século XX, foi marcada pelo discurso da racionalização da produtividade e pelo uso da tecnologia voltada para o interesse do capital. Ela apresenta um caráter seletivo, que privilegia alguns lugares, determinadas culturas e alguns segmentos socioeconômicos (ELIAS & SAMPAIO, 2002). É importante acrescentar, também, o fato de que essa modernização capitalista no campo é seletiva em relação ao ciclo produtivo de determinados produtos e regiões. A intensificação do modelo degradador no espaço agropecuário no Brasil, essencialmente a partir da década de 1950, se voltou sobre o homem e a natureza em nome do progresso, do produtivismo, o que acarretou a (re)estruturação do espaço e alterou o modo de vida das comunidades rurais (PINHEIRO *et al.*, 2019).

A Região do Baixo Jaguaribe – Ceará desde cedo assumiu o papel de grande importância na história da formação do estado, como acesso preferencial aos sertões da antiga província (aproveitando-se de sua rede hídrica) e como área propícia para instalação de novas colônias (em um processo civilizatório etnocida), dada a fertilidade do solo aluvial e a presença de água subterrânea. No contexto da economia local, porém, a região somente veio a se consolidar ao longo do século

XVIII, em virtude da pecuária e, especialmente, das mantas de carne bovina salgada ou charque.

Com as recorrentes secas que prejudicaram a pecuária bovina e as charqueadas, além da concorrência dessa atividade no Rio Grande do Sul, essa economia pecuarista perdeu potencialidade e ficou mais restrita à subsistência atrelada à produção agrícola em nível de consumo local. A condição da pecuária bovina, de principal atividade no Baixo Jaguaribe, foi suplantada pela cultura do algodão com exportação, principalmente para os Estados Unidos. Contudo, com a recuperação da produção americana pós-Guerra da Secessão (1861-1865) e, no século XX, com o problema do bicudo, o interesse e a viabilidade de produção feneceram.

A partir da primeira metade do século XX, o extrativismo da cera de carnaúba tornou-se também uma importante atividade econômica. Da década de 1960 em diante, dada a substituição da matéria-prima natural por produtos sintetizados, iniciou-se o processo de desvalorização da cera de carnaúba, o que acarretou a elevação dos custos de produção e a diminuição do preço junto aos mercados consumidores. A planície aluvial foi gradativamente ocupada por pomares, cuja expansão deveu-se ao uso de cata-ventos para irrigação das culturas de banana, laranja, limão etc. e ao crescimento dos mercados consumidores das cidades de Fortaleza e circunvizinhas. Na segunda metade da década de 1970, os cata-ventos coexistiram com os gasogênios. A partir da segunda metade da década de 1980, começaram a dominar o sistema elétrico, motor e bomba, passando a dominar também os poços tubulares e mistos (Figura 6 A, B, C, D, E, F):

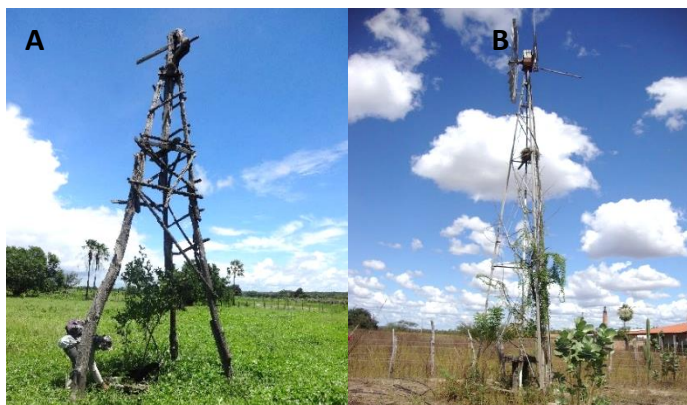




Figura 6. Modelos utilizados na irrigação. A) Cata-vento com estrutura de madeira; B) Cata-vento com estrutura metálica; C) Resquíio de estrutura para gasogênio; D) Motor gasogênio; E) Motor elétrico; F) Bomba de captação d'água de sistema elétrico.

Legenda da Figura 6 C: A) Forno a carvão para produção do vapor para funcionamento do sistema gasogênio (Década 1970 e início de 1980); B) Sistema elétrico que substituiu o de gasogênio, principalmente a partir da década de 1980; C) Tanque de armazenamento da água depois de bombeada, para irrigação por gravidade em sistema de alagamento; D) Cacimbão de Alvenaria.

Com o mapeamento *in situ* foram cadastrados e sistematizados, para a produção deste artigo, 816 poços, sendo 39,68% caracterizados como manuais (cacimbões); 21,74% como poços tubulares; e 38,58% como mistos. Cacimba, ou cacimbão ou poço escavado, é construído manualmente em geral, de seção circular, por ser mais estável, em que a profundidade final da escavação depende da profundidade do nível estático do aquífero que se propõe explorar. Poço tubular é aquele utilizado para captação de água subterrânea, o qual recebe, após a

perfuração, um revestimento constituído por tubos (predominantemente de PVC) com diâmetro geralmente inferior a vinte polegadas (10" ou 250mm), sendo os revestimentos intercalados com filtros, cuja água é explotada por meio de bombas e compressores. Poços mistos são os que podem ser individualizados em poço misto de alvenaria e tubular; poço misto de anel e tubular; e poço misto de alvenaria de anel e tubular (Figura 7).

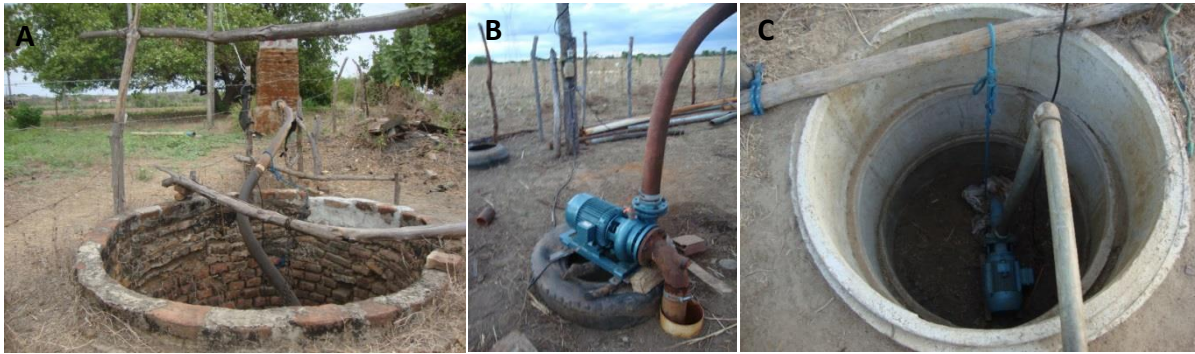


Figura 7. Tipos de poços existentes no Aquífero Aluvionar de São João do Jaguaribe, Ceará.

Legenda: Tipos de poços: A) Cacimba de alvenaria; B) Tubular de PVC; C) Misto com anéis pré-moldados e tubular -PVC.

**Tabela 2.** Tipificação de revestimentos dos poços no Aquífero Aluvionar de São João do Jaguaribe, Ceará (Fonte: PINHEIRO, 2022).

Revestimento de poços	Quantidade (n°)	%
Alvenaria	286	35,05
Anel e PVC	176	21,57
PVC	154	18,87
Alvenaria e PVC	127	15,56
Anel	35	4,29
Manilha	24	2,94
Alvenaria x manilha de cimento	7	0,86
Alvenaria x anel	4	0,49
Alvenaria x Anel x PVC	3	0,37
Total	816	100

Os dados obtidos *in situ*, contudo, mostram que a média de profundidade média dos poços é de 8,73m, oscilando de um mínimo de 1,55m a 21,40m. As profundidades obtidas *in loco* nem sempre representam a espessura total do pacote aluvionar, pois, conforme os agricultores, a grande maioria dos poços é escavada até chegar no pacote sedimentar de pouca permeabilidade, de constituição argilosa com tonalidade escura, que é denominado, regionalmente, pelos agricultores, de “salão” ou massapê. Cumpre destacar também o nível estático (NE) que varia de 0,050 m a 14,30 m, com média de 4,30 m; e a lâmina de água que oscila de 0,15m a 13,10 m, com uma média 4,45 m.

### Discussão dos resultados

O processo de intensificação das relações capitalistas com suas técnicas e instrumentais no Vale Jaguaribano, em especial na área estudada, significou, além da eletrificação rural, o aumento

do consumo de fertilizantes químicos e de agrotóxicos que contaminam o solo, as águas de superfície e as subterrâneas. Com relação ao uso de agrotóxicos na agricultura são fundamentais os estudos de Bombardi (2017), Rigotto *et al.* (2014), Moraes (2019), sabemos que isso tem sido motivo de muita preocupação, pois, além de poluir o meio ambiente, põe em risco a saúde humana. Os pesticidas e herbicidas são utilizados na agricultura para controlar o ataque de pestes e ervas daninhas. Esses agentes químicos são aplicados tanto pelos pequenos quanto pelos grandes produtores, o que provoca o desequilíbrio da cadeia alimentar. Vários estudos técnico-científicos ilustram este fato, a exemplo de Rigotto (2011), Gama (2013), Milhome *et al.* (2015), Sousa (2023), Sousa *et al.* (2021) e Tavares (2023), todos desenvolvidos na Região do Baixo Jaguaribe, abordando qualidade das águas e saúde pública, além de outros abordando agrotóxicos em outros países, a exemplo de Chowdhury (2022).

O capitalismo se desenvolve impulsionado por uma perspectiva de disseminação universal de progresso que degrada a natureza para a consecução desse fim. A natureza é utilizada como reserva dos recursos que promovem esse progresso, ao mesmo tempo em que é receptora dos refugos dele oriundos.

O desenvolvimento das forças produtivas deveria estar a serviço da humanidade, promovendo o bem-estar de todos os indivíduos; deveria favorecer relações sustentáveis com os diversos ambientes e possibilitar o tempo para a capacidade criativa das pessoas. Contudo, como denuncia Karl Marx (2018; 2019), no modo de produção capitalista, as técnicas e seus instrumentos acabam se tornando mecanismos de formatação e de dominação social para (re)produção do sistema. O capital sempre busca obter, por meio da adoção de tecnologias, o aumento e o controle da produção e a dominação sobre os trabalhadores. Sobre isso, Harvey (1994, p. 117-118) diz:

Há duas amplas áreas de dificuldade num sistema econômico capitalista que têm de ser negociadas com sucesso para que esse sistema permaneça viável. A primeira advém das qualidades anárquicas dos mercados de fixação de preços, e a segunda deriva da necessidade de exercer suficiente controle sobre o emprego da força de trabalho para garantir a edição do valor de produção e, portanto, lucros positivos para o maior número possível de capitalistas.

Essas formas de controle fazem parte da lógica da modernização tecnológica capitalista atrelada à organização do processo produtivo e do trabalho para a produção de mercadorias. Não se trata aqui, no entanto, de ser contra o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, e sim de questionar a abrangência social das comodidades geradas por aquelas, determinadas por um modo de produção fundado na produção de valor, na expropriação do trabalho, na dominação e na exploração insustentável dos diversos ambientes, o que tem gerado a poluição e contaminação das águas, processo de desertificação dos solos, produtos do sistema cujas contradições geram a abundância para uma minoria e a escassez para a imensa maioria da humanidade. Esse sistema é baseado na exploração do trabalho, no consumismo desenfreado e na futilidade. Tudo isso para dar sustentação à (re)produção do sistema produtor de mercadorias. Sobre isso, Marx (2019b, p. 574) afirma que: “[...] a produção capitalista só desenvolve a técnica e a combinação do processo

de produção social na medida em que solapa os mananciais de toda a riqueza: a terra e o trabalhador”.

No que concerne ao espaço estudado, percebe-se que houve uma evolução quanti-qualitativa no sentido tecnológico, econômico e social. No entanto, esse processo evolutivo se dá numa involução, no sentido de que foi restrito à lógica do produtivismo, com a produção priorizada para o mercado, na geração de “mais valor” e não prioritariamente para as necessidades de satisfação alimentar de qualidade das famílias produtoras. Sobre isso, Marx (2019b, p. 332-333) também afirma que:

Naturalmente, toda produção direcionada ao valor de uso imediato reduz tanto o número dos trocadores quanto a soma dos valores de troca que são lançados na circulação e, sobretudo, a produção de valores excedentes. Daí a tendência do capital: 1) de ampliar continuamente a periferia da circulação; 2) de transformá-la em todos os pontos em produção executados pelo capital. Por outro lado, a produção de valor excedente relativo, isto é, a produção de valor excedente fundada no aumento e no desenvolvimento de forças produtivas, requer a produção de novo consumo; requer que o círculo de consumo no interior da circulação se amplie tanto quanto antes se ampliou o círculo produtivo. Primeiro, a ampliação quantitativa do consumo existente. Segundo a criação de novas necessidades pela propagação das existentes em um círculo mais amplo; terceiro, produção de novas necessidades e descoberta e criação de novos valores de uso.

Esse produtivismo, potencializado pelo desenvolvimento das forças produtivas e pela criação de novas necessidades de consumo na lógica da modernização capitalista, ocorre sob forma de exploração destrutiva da terra e de seus bens, como a água subterrânea, e não permite a melhoria da sobrevivência das populações produtoras. Engels (2020) denuncia a unilateralidade do progresso no decurso da modernização capitalista, que só beneficia a lógica da reprodução do capital.

A tecnologia deve ser discutida levando em conta a conjuntura do capitalismo contemporâneo em sua dinâmica de reestruturação produtiva. Como destaca Corrêia (2002, p. 313): “na técnica, enquanto resultado histórico-social, é projetado aquilo que a sociedade e os interesses que a dominam tencionam fazer com o homem e as coisas”. Assim, a historicidade tecnológica no vale jaguari-bano deve ser pensada no contexto da dinâmica de reestruturação produtiva, conforme o interesse do

capital, considerando-se não só os aspectos socioeconômicos, mas também culturais, como mudanças de mentalidade, de costumes e de hábitos.

A evolução dos sistemas técnicos de captação de água subterrânea no Aquífero Aluvionar estudado, muito embora tenha favorecido uma maior produtividade, foi acompanhada pela racionalidade da lógica de mercado, o que gerou diversos problemas, a saber: endividamento dos agropecuaristas, principalmente dos menos capitalizados; perda da qualidade alimentar, com a eliminação dos pomares; êxodo rural; processo de desertificação do solo; concentrações de resíduos químicos nos ambientes, o que deve contaminar as águas de superfície e subterrâneas; e, até mesmo, o envenenamento de trabalhadores por agrotóxicos e a diminuição da potencialidade do aquífero, conforme relatos destes.

Conforme já sinalizado neste texto, os agrotóxicos são aplicados tanto pelos pequenos quanto pelos grandes produtores, o que envenena o solo, as águas de superfície e subterrâneas e as pessoas, além de provocar desequilíbrio da cadeia alimentar. O uso de agrotóxicos é denunciado pelo forte cheiro e pelos vasilhames vazios, alguns até com resíduos, descartados no meio das plantações, inclusive nas proximidades de poços. O uso de produtos químicos tóxicos destrói o equilíbrio natural do solo e polui as fontes d'água, uma vez que a chuva carrega resíduos para o aquífero, lagoas, rio e riachos. Como o uso de produtos químicos não destrói a "praga" e a erva daninha por completo, o processo de seleção evolui para microrganismos e ervas mais resistentes. Vale lembrar que o ataque das culturas por insetos e microrganismos é consequência de práticas de degradação do meio ambiente, como o desmatamento.

Outro fator importante a se destacar é o notável processo de esvaziamento da zona rural, manifestado pelo fenômeno marcante de casas abandonadas. O município de São João do Jaguaribe, apesar da sua condição mais opaca em relação ao fenômeno de reestruturação da dinâmica espacial e econômica, também sofre influências no que concerne à produção econômica e de mobilidade populacional. Na realidade, as mudanças no contexto social, econômico e cultural já vinham se processando desde a década de 1970 com políticas modernizantes voltadas para o campo, como a chegada da eletrificação.

O município tinha como principal atividade econômica o pequeno comércio urbano, a agropecuária e a dominância da produção policultora de banana, mandioca, milho, feijão, limão, laranja, mamão etc. A captação de água era feita a partir de cacimbões (poços manuais) e a água era

bombeada por cata-ventos ou captada através de baldes/cordas (sarilho).

A partir dos meados da década de 1970, o contexto econômico e social tinha como característica a produção desenvolvida para o consumo familiar e para o comércio local (a nível municipal), sendo comum a fartura alimentar nas famílias. Era comum, também, a venda de banana para Fortaleza-capital do Ceará.

Em meados da década de 1980, já com uso de motores elétricos e com o crescimento da captação de água subterrânea em poços tubulares que, normalmente, apresentam maior vazão do que as cacimbas, a produção policultora para subsistência e a bananicultura, voltada principalmente para Fortaleza, permaneciam. No entanto, o uso dos motores elétricos significou maiores custos com as altas taxas de cobrança de energia, além do endividamento com empréstimos bancários e com as compras de adubos químicos e agrotóxicos.

Esta modernização capitalista no Médio/Baixo Jaguaribe tem resultado em um aumento da concentração fundiária nessa região como denuncia Cosme (2022). Considerando os estabelecimentos com menos de 10 hectares (ha) e os estabelecimentos com 1000 hectares (ha) ou mais, Cosme (2022) enfatiza que, conforme o Censo de 2006, 20.011 unidades (64,25% do total) apresentavam menos de 10 ha, abrangendo uma área de apenas 53.038 ha (5,23% da área total); as unidades com 1000ha, ou mais, eram apenas 92 (0,30% do total), abrangendo uma área de 198.024 (19,52% do total). Com relação aos números do Censo de 2017, Cosme enfatiza que os estabelecimentos com menos de 10 ha eram apenas 23.252 unidades, abrangendo uma área de 55.559 ha (5,90%), enquanto as unidades de 1000 ha, ou mais, eram apenas 74 (0,22%), concentrando 207.149 ha (22%). Claudemir Cosme lembra que, apesar de ter tido uma redução em 17 unidades dos grandes estabelecimentos, houve um aumento em área de 9.125 ha. Cosme (2022, p. 56) reforça que: "[...] foi a área média dos grandes estabelecimentos que mais cresceu (30,05%), passando de 2.152, 43 para 2.799,21 ha, ao passo que os pequenos estabelecimentos, de menos de 10 ha, sofreram a maior redução (-9,85%), passando de 2,65 para 2,39 há".

Acerca da relação entre rio e aquífero freático, foi importante a leitura de Castro e Gonçalves (2022, p. 1882), onde destacam que: "os estudos das relações entre as águas superficiais e subterrâneas não devem ser distintos e quaisquer modificação em um desses meios pode gerar transformações momentâneas ou até mesmo irreversíveis no outro". Merecem destaque também Soliman (2013),

Bittencourt (2014), Manzione (2015) e Hipólito & Vaz (2017).

Na relação entre rio e aquífero, sabe-se que aquele pode influenciar na quantidade e na qualidade da água subterrânea em meio sedimentar adjacente, no contexto de terrenos com produção agropecuária, pelos fluxos de agentes químicos (fertilizantes químicos e agrotóxicos) no rio e no pacote sedimentar. A influência do rio na qualidade da água subterrânea em aquífero freático pode ser direta, via recarga, ou indireta, pela concentração de componente químico, como agrotóxicos e fertilizantes químicos, na água subterrânea. Assim, práticas agrícolas ambientalmente insustentáveis são responsáveis pela alta taxa de lixiviação de agentes químicos e outros contaminantes no pacote sedimentar, o que pode determinar níveis altos desses agentes na água subterrânea.

As condições de vulnerabilidade de um sistema aluvionar, considerando os ambientes de superfície e de subsuperfície, têm relação com a hidrodinâmica, com a composição e textura dos sedimentos, granulometria e com as condições estruturais do pacote sedimentar. A porosidade e permeabilidade são determinantes para a capacidade de absorção, condutividade e transmissividade. A vulnerabilidade é uma característica física do aquífero.

No material arenoquartzoso a porosidade é menor do que no material silto-argiloso, mas a água percola em maior volume e com maior velocidade. Os sedimentos silto-argilosos, pela alta porosidade que apresentam, estão diretamente associados a retenção específica, contudo, essa condição física do meio pode ser diminuída com a sua compactação com atividades econômicas insustentáveis.

A partir da medição do nível freático, é possível se obter a espessura do material que um potencial agente poluente/contaminante tem que atravessar para chegar na zona saturada. Quanto menor o nível estático, menor a espessura que o agente poluente-contaminante tem de percorrer para chegar na água subterrânea, principalmente se a porosidade e a conectividade forem altas, o que acontece em pacote arenoso. O material silto-argiloso pode desfavorecer a dispersão dos agentes.

Cumprir destacar que os sedimentos fluviais formam frequentemente aquíferos rasos compostos por cascalho, areia, silte ou argila depositados nas margens do rio ou nas várzeas. Esses aquíferos são extremamente vulneráveis à contaminação.

Concentrações elevadas de nutrientes químicos ou de agrotóxicos podem ser observadas em muitos aquíferos, com impacto na qualidade das águas dos poços de abastecimento. Diferentes fatores podem influenciar os padrões de qualidade das águas subterrâneas em aquíferos aluvionares, sendo que a influência dos rios na qualidade da água subterrânea pode ser direta, via recarga, ou indireta, pelo controle da distribuição de depósitos de inundação que são ricos em sedimentos mais finos e em carbono orgânico.

Em aluviões com atividades agropecuárias pode ocorrer uma maior lixiviação de material orgânico, como estrume e material químico com resíduos de fertilizantes químicos com concentração de Nitrogênio-Fósforo-Potássio (NPK), atingindo o fluxo de água em superfície, setores do pacote aluvionar, em escala horizontal e vertical.

A contaminação da água subterrânea pode ocorrer com a lixiviação dos resíduos presentes no solo sem a participação direta do rio ou por influência direta deste no contexto em que a relação entre o rio e o aquífero está no regime hídrico influente<sup>2</sup>. Assim, a infiltração de água do rio no aquífero influi diretamente o teor do nutriente pela diluição, pois o aumento desta conduz a uma diminuição das concentrações dos resíduos químicos e orgânicos. Por exemplo, os solos hidromórficos podem estar relacionados aos processos de desnitrificação, os quais reduzem concentração de nitrato, devido à condição de escassez de oxigênio dos solos saturados por água.

O município, apesar de não ser estratégico para o processo de reestruturação produtiva que se efetivava na região do Vale Jaguaribano, sofreu com a intensificação do capitalismo no campo, tendo sua conjuntura socioespacial modificada pelo êxodo rural e pela eliminação dos pomares, o que comprova a tese de que os estudos sobre o uso e exploração do Aquífero Aluvionar não devem ficar restritos ao cientificismo e ao economicismo. Portanto, é fundamental considerar não só as mudanças dos sistemas técnicos, mas também de comportamentos, hábitos e das condições socioeconômicas e ambientais das comunidades envolvidas nesse processo.

A visão de produção, até mesmo para os pequenos produtores, deixou de priorizar o consumo doméstico e a venda do excedente para o comércio local, para ser voltada unicamente para a lógica do mercado, na perspectiva de ter dinheiro

<sup>2</sup> Na interação entre rio e aquífero o rio é de regime hídrico influente quando perde água para o aquífero, ao longo de um trecho, ele possui um regime hídrico influente; neste caso a carga hidráulica do aquífero encontra-se abaixo da cota do leito do rio. Já quando o rio recebe água do aquífero ele possui

um regime hídrico efluente; neste caso, a carga hidráulica do aquífero encontra-se acima do leito.

para se poder consumir os alimentos processados e os bens tecnológicos do mundo globalizado. Assim, aquilo que é produzido, mas que não gera lucro, passou a ser desqualificado. Uma consequência determinante de tudo isso é o esvaziamento do

espaço rural, denunciado, inclusive, pelas residências abandonadas desde as mais sofisticadas, como casarões e, até mesmo, as mais simples, como mostram as Figuras 8 A, B, C e D:



Figura 8. A, B, C e D. Casas abandonadas na zona rural de São João do Jaguaribe, Ceará.

Essa nova situação que vem se constituindo não deve ser explicada como um fenômeno que iniciou somente a partir do governo mudancista da “Era Jereissati” e, sim que esse processo modernizante conservador – no sentido de que não democratizou a estrutura fundiária e de que não favoreceu os trabalhadores e pequenos produtores – teve

sua gênese ainda na década de 1970. Sobre esse esvaziamento do rural no município, merecem destaques o Quadro 2 e o Gráfico 1:

Quadro 2. Populações urbana e rural em São João do Jaguaribe-CE (1980 - 2010). (Fonte: IBGE, 2018).

ANO	População Urbana		População Rural		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1980	1859	22,3	6476	77,7	8335	100
1991	2519	31,42	5499	68,58	8018	100
2000	2744	31,72	5906	68,28	8650	100
2010	3169	40,11	4731	59,89	7.900	100

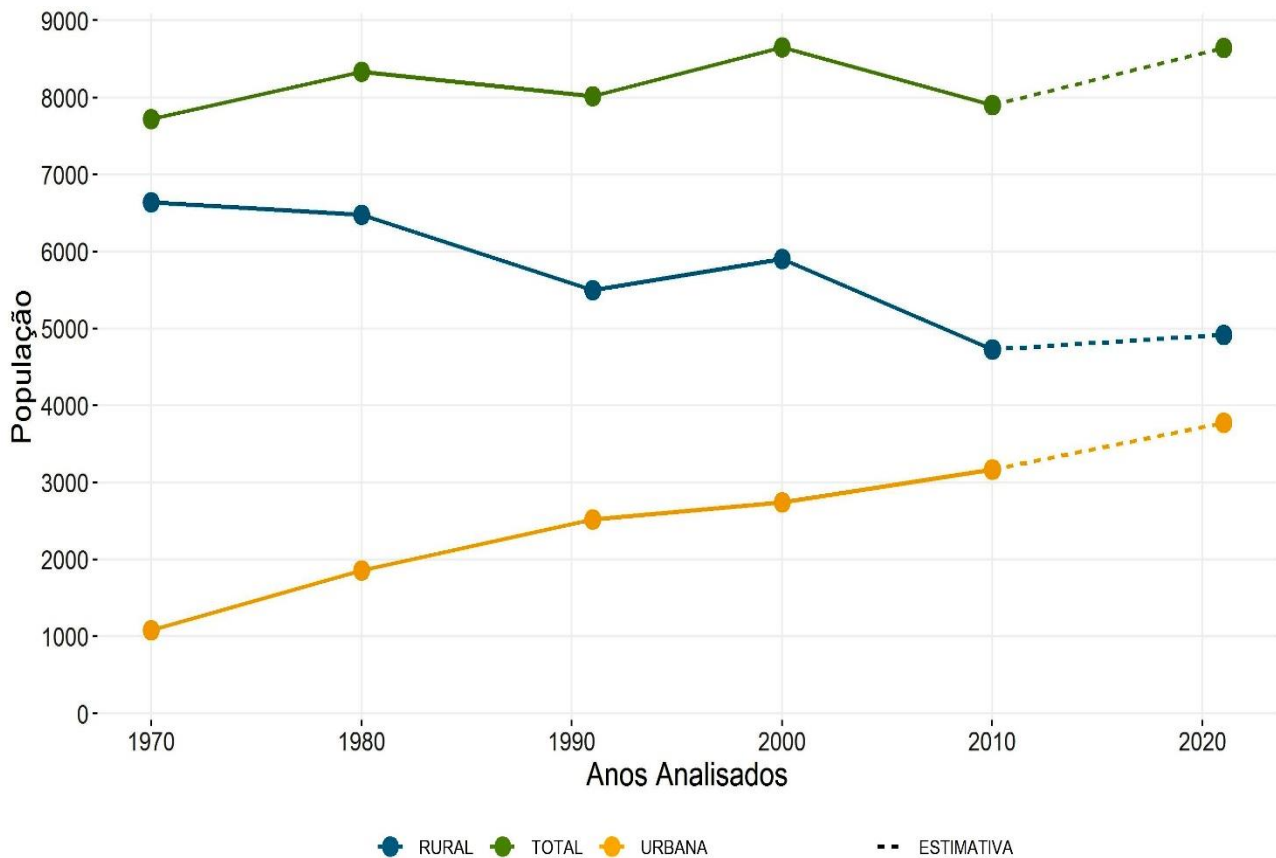


Gráfico 1. Relação entre População Rural e População Urbana (1980 -2010).

Percebe-se a tendência de queda da população rural no período de 1980 a 1991, com uma pequena recuperação dessa população na década de 1990, como mostra o Censo de 2000. Contudo, nos anos subsequentes, a população rural voltou a diminuir, como denuncia o último Censo (2010). Nessa tendência de crescimento da população urbana e diminuição da população rural, é importante ressaltar que é possível que, nos dados obtidos pelos Censos, pessoas que estejam morando na sede do município respondam como moradores rurais, por ainda manterem certo vínculo com atividades rurais e devido às residências de origem. No que concerne aos dados de urbanização, consoante o IPECE (2017), entre 1991 e 2000, a taxa de urbanização do município passou de 32,44% para 32,79%. Entre 2000 e 2010, essa taxa passou de 32,79% para 40,11%.

### Conclusões

Observa-se que, cada vez mais, a tecnociência se constitui como fator determinante, não só da produção, mas na forma de vida da classe trabalhadora. Entre algumas consequências, é possível

destacar a redução do tempo de trabalho socialmente necessário na produção, a seletividade dos espaços para produção econômica, o aumento da produção industrial de alta tecnologia e o declínio das tradicionais, a competitividade, o aumento do desemprego, o crescimento do êxodo rural e a consequente sedentarização dessa população migratória e aumento da urbanização desordenada, além da degradação do aquífero, em consequência de sua sobre-exploração e contaminação por elementos diversos, particularmente agrotóxicos oriundos da prática de agricultura nas manchas de solos aluvionares.

O desenvolvimento da tecnociência influencia na (re)estruturação do capitalismo, considerando a estrutura econômica e a alta tecnologia. Esse desenvolvimento das forças produtivas, nos marcos do sistema capitalista, possibilitou um maior domínio e a exploração da natureza. No entanto, na lógica societal do capital, é criado um problemático domínio da natureza como também um poderoso e totalitário sistema de dominação social, e o desenvolvimento das forças produtivas termina por se transformar em desenvolvimento de forças destrutivas.

Na medida que a contradição dessa forma de organização social irrompe com força crescente, o sistema como um todo parece ser acometido pela compulsão de superar a realidade natural, como se a ela o homem não estivesse vinculado, o que tem gerado desmedido caos ambiental e social. Na sua dinâmica reprodutiva destrutiva, o capital tem atingido incomensurável crescimento, mas com consequências humanas e ecológicas nefastas. O caráter depredador do capitalismo se manifesta não só nos espaços urbanos, mas também nos espaços rurais, resultando na quebra do metabolismo de troca material na relação do homem com a terra.

A evolução das técnicas e dos sistemas de objetos técnicos na área estudada está atrelada dialeticamente com a dinâmica da produção socioeconômica no contexto da formação socialmente vigente em sua historicidade. Na “Época do Couro”, ou seja, no século XVIII, com o domínio da pecuária bovina nos sertões, os meses chuvosos tinham papel importante para a manutenção da atividade pecuarista, pois possibilitavam a formação de pastos que favoreciam a alimentação do rebanho, até mesmo nos meses sem chuva. As águas de superfície serviam para a demanda das fazendas, povoados e cidades que nasciam nos vales, como as do rio Jaguaribe. Os rios e os corredores aluvionares serviam também como caminhos de fluxo para: a) Exploração do sertão; b) Atividades de produção agrícola para subsistência na planície de inundação; e; c) Culturas de ciclo rápido nas denominadas áreas de vazantes, na área de constituição arenóquartzosa.

Depois, no século XIX, estabeleceu-se a produção de algodão, em geral, associada à pecuária e às culturas de subsistência. Com as crises da cotonicultura ligadas a fatores externos e a problemas, como a denominada praga do bicudo, nessa região aluvionar, no século XX, constituíram-se os pomares para abastecimento do mercado local ou até mesmo de Fortaleza, com a produção de bananicultura a partir da década de 1960. Os gasogênios e, posteriormente, os sistemas de exploração elétricos de água, de superfície e subterrâneas, possibilitaram o aumento de uma maior vazão e maior produtividade, mas as atividades agrícolas foram escasseando pelos altos custos da energia elétrica, endividamentos com pacotes tecnológicos agropecuários e contaminação do solo e do aquífero, o que levou parte das famílias a se abastecerem das águas ditas minerais ou adicionadas de sais. Além disso, com o aumento do volume de exploração de água de superfície e subterrânea, observa-se o rebaixamento do nível freático, em essencial na quadra não chuvosa, como atestam os agricultores da região.

Ressalta-se a cobrança por uma Hidrogeologia Social, dentro dos objetivos sustentáveis expostos pela ONU para 2030, onde o ser humano possa interagir mais com a água subterrânea, elemento não visível a ele. Dos 816 poços cadastrados in situ nesta pesquisa, somente 23 (2,8%) estão no Banco de Dados SIAGAS/CPRM, denotando a necessidade urgente do levantamento real das obras de captação destas águas.

Como na área de estudo o uso de fertilizantes químicos e de agrotóxicos associados aos impactos à saúde humana é uma realidade, é necessário que iniciativas individuais, as escolas e o poder público desenvolvam estudos e discussões sobre os riscos desses produtos para o ambiente, inclusive para as águas subterrâneas, a fim de criar uma consciência e práticas para um melhor uso da terra sem trazer danos ambientais.

Como alternativa ao uso de agrotóxicos e aos fertilizantes químicos, é possível uma práxis agroecológica que se sustenta na compreensão e na prática de uma agropecuária em harmonia com o ambiente, sem desmatamento, com o uso de “coberta viva”, uso de adubos orgânicos e técnica agroflorestal. Mesmo em áreas já intensamente degradadas, os agentes químicos podem ser substituídos pelo uso de defensivos naturais a exemplo da prática de *rochagem*, crescente na Europa, onde os constituintes minerais das rochas substituem os agrotóxicos minimizando, ou acabando, com os danos nocivos as águas e aos solos, melhorando a qualidade de vida.

Destaca-se, ainda, que as famílias de agricultores passaram por mudanças de costumes e hábitos em função da influência do modo de vida urbana. Não se advoga que essas mudanças de hábito e de vida sejam prejudiciais em si, mas, atreladas ao consumismo ditado pela lógica de produção de mercadorias, influenciam de forma negativa a qualidade alimentar e a saúde, pois os trabalhadores deixaram de consumir o que, anteriormente, era produzido nos pomares para se alimentarem de produtos processados. Assim, pequenos proprietários foram deixando suas propriedades inoperantes, ou, até mesmo, vendendo-as, para pagar dívidas ou buscar novos rumos nos centros urbanos. Assim, percebe-se um processo de esvaziamento da zona rural, mesmo entre os habitantes do espaço aluvionar, que é a área mais produtiva. Isso é manifestado pela grande quantidade de casas abandonadas, pela eliminação dos pomares e pelas vendas de propriedades, havendo, portanto, um visível processo de concentração fundiária na zona rural da área estudada e o êxodo rural crescente.

A pequena produção agropecuária, que até o final da década de 1980 marcava a paisagem da

zona rural, hoje já não é tão marcante, pois predomina, hodiernamente, aquela dos maiores produtores, em geral com a cultura de banana. Além disso, já se percebe nitidamente a expansão do fenômeno da carcinicultura, que pode ter consequências desastrosas para a qualidade das águas de superfície e do Aquífero Aluvionar como se observa em outros municípios do Baixo Jaguaribe (Russas, Morada Nova, Aracati etc.), bem como pode promover o endividamento dos menores agricultores, os quais

estão se aventurando nessa atividade que não é voltada para uma diversidade alimentar das comunidades, mas simplesmente para abastecer um mercado exógeno ao município.

Finalmente, ressalta-se a preocupação técnica com as águas subterrâneas, captação e uso, associada aos riscos e impactos causados por agrotóxicos, ocupação e uso do solo de forma não sustentável e o crescente êxodo rural, quando as pessoas poderiam usufruir de uma qualidade de vida diferenciada

## Agradecimentos

Ao curso de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará - UFC, em especial ao laboratório de Hidrogeologia -LABHI/DE-GEO/CC/UFC. Ao programa de pós-graduação em Geografia (PROP GEO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Aos agricultores e trabalhadores de São João do Jaguaribe, pelo acesso aos ambientes de dados empíricos e pela gentileza de informações, em especial aos agricultores Raimundo Edimar Magalhães. Aos amigos Roberto Eudes Fonteneles, Coordenador-geral do Sindicato Justiça Ceará e a Antônio Machado de Holanda, mecânico de aeronave que ajudaram, diretamente, na logística para coleta dos dados de campo, trabalho árduo e responsável.

## Referências

- Almeida, L.R.B.; Soares, J.A.; Tabosa, L.D.G. 2016. Propriedades petrofísicas de padrões internacionais de rochas sedimentares. VII Simpósio Brasileiro de Geofísica. Ouro Preto.
- Almeida, A. R.; Aguiar, D. C.; Monteiro, E. A. S.; Barros, E. M. de; Maia, L. T. da S.; Braga, L. R. C.; Carvalho, L. R. B.; Barros, P. G. R. M. de; Vasconcelos, S. M. S.; Silva, T. M.; Fernandes, T. R. C., 2011. Folha Jaguaritama –SB 24-X-C-IV. Escala: 1 : 100.000. CPRM. Fortaleza.
- Barbieri, J. C., 2020. Desenvolvimento Sustentável: das origens à agenda 2030. Vozes: Petrópolis.
- Bombardi, L.M., 2017. Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia. FFLCH – USP: São Paulo.
- Bittencourt, C., 2014. Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. Érica: São Paulo.
- Chowdhury, Puja; Mukhopadhyay, Bhabani Prasad; BERA, Amit., 2022. Hydrochemical assessment of groundwater suitability for irrigation in the north-eastern blocks of Purulia district, India using GIS and AHP techniques. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, p. 103-108. <http://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103108>
- Castro, K. Q.; Gonçalves, J. A. C., 2022. Quantificação do potencial hídrico subterrâneo do baixo curso do Rio Piracicaba (MG): Interação das águas subterrâneas e superficiais. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 4, 1881-1901. <http://doi.org/10.26848/rbgf.v15.4.p1881-1901>
- Caxito, F. de A.; Lira Santos, L. C. M. de; Ganade, C. E.; Bendaoud, A.; Fettous, E.; Bouyo, M. H., 2020. Toward an Integrated Model of Geological Evolution for NE Brazil–NW Africa: The Borborema Province and its connections to the Trans-Saharan (Benino-Nigerian and Tuareg shields) and Central African orogens. *São Paulo-SP. Brazilian Journal of Geology*. 50 (02). <https://doi.org/10.1590/2317-4889202020190122>
- Corrêia, M. B., 2002. Tecnologia. In: Cattani, A. D. Trabalho e tecnologia: dicionário crítico. Vozes. Petrópolis.
- Cosme, C. M., 2022. Atualidade da questão (da reforma) agrária: conquistas camponesas em meio à perpetuação da concentração fundiária no vale do Jaguaribe – Ceará – Brasil. *Revista Geo Nordeste*. Ano XXVIII, 1, 45-64.
- Costa, A.G. (2021). Rochas Ígneas e Metamórficas: petrografia, aplicações e degradação. *Oficinas de Textos*. São Paulo.
- Costa Filho, W.D. Galvão, Manoel Júlio da Trindade Gomes; Lima, Josias Barbosa; Leal, Onofre. 1998. Noções básicas sobre poços tubulares. CPRM, Recife.
- Dias, A. P; Stauffer, A. de B; Moura, L.H.G. de; Vargas, M.C., 2021. Dicionário de agroecologia e educação. Expressão Popular, São Paulo.
- Descartes, R., 2018. Discurso do método & Ensaios. Unesp, São Paulo.
- Elias, D.; Sampaio, L., 2002. Modernização excludente. Fundação Demócrito Rocha, Fortaleza.
- Engels, F., 2020. Dialética da Natureza. Boitempo, São Paulo.

- Fausto, B., 2019. História do Brasil. Edusp, São Paulo.
- Feitosa, F.A.C.; Benvenuti, S.M.P., 1998. Diagnóstico do município de São João do Jaguaribe. CPRM, Fortaleza.
- Feitosa, F.A.C.; Manoel Filho, J.; Feitosa, E.C.; Demétrio, J.G.A., 2008. Hidrogeologia-conceitos e aplicações. CPRM, Rio de Janeiro.
- Firmiano, F. D., 2018. O padrão de desenvolvimento dos agronegócios no Brasil e a utilidade histórica da reforma agrária. Alameda, São Paulo.
- Gama, A. F.; Oliveira, A. H. B. de; Cavalcante, R. M., 2013. Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense. Quim. Nova. 36, nº. 3, p. 462–467. <http://doi.org/10.1590/S0100-40422013000300017>
- Harvey, D., 1994. Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. Loyola, São Paulo.
- Hipólito, J. R.; Vaz, A. C., 2017. Hidrologia e recursos hídricos. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Censo Demográfico 2010. Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais. Brasília. Disponível: [www.Ibge.gov.br](http://www.Ibge.gov.br). Acesso em: 10 nov. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Censo Demográfico 2010. Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais. Brasília. Disponível: [www.Ibge.gov.br](http://www.Ibge.gov.br). Acesso em: 10 jan. 2023.
- Cavalcante, A.L; Suliano, D.C; Paiva, W.L; Trompieri Neto, N; Pontes, P.A, Lima, C.; Soares, R., 2020. Indicadores Econômicos do Ceará (2015 -2018). 94. IPECE. Fortaleza.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2017. Perfil básico municipal de São João do Jaguaribe. Fortaleza, SEPLAG.
- Kant, I., 2015. Crítica da razão pura. Vozes, Petrópolis.
- Lima, L.O., 1997. Na ribeira do Rio das Onças. Assis Almeida, Fortaleza.
- Lopes, M.T., 2015. Construção de poços para água: manual técnico. Interciência, Rio de Janeiro.
- Luna, Francisco Vidal; Klein, Herbert S., 2016. História Econômica e Social do Brasil: o Brasil desde a república. Saraiva, São Paulo.
- Manzione, R. L., 2015. Águas subterrâneas e aplicações sob uma visão multidisciplinar. Paco Editorial, Jundiá.
- Marcuse, H., 2015. O homem unidimensional: estudos da ideologia industrial avançada. Edipro, São Paulo.
- Marx, K., 2016. Contribuição à crítica da economia política. Martins Fontes, São Paulo.
- Marx, K., 2018. Miséria da Filosofia. Boitempo, São Paulo.
- Moraes, R.F., 2019. Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política, de regulação e prevenção da captura regulatória. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília.
- Marx, K., 2019a. Grundrisse: manuscritos econômicos de 1857 – 1858: esboços da crítica da economia política. Boitempo, São Paulo.
- Marx, K., 2019b. O capital: crítica da economia política: livro I: o processo de produção do capital. Boitempo, São Paulo.
- Marx, K., 2021. O 18 Brumário de Luís Bonaparte. Boitempo, São Paulo.
- Marx, K., 2023. Capítulo VI (inédito). Boitempo, São Paulo.
- Marx, K.; Engels, F., 2015. Manifesto Comunista. Boitempo, São Paulo.
- Marx, K.; Engels, F., 2018. A ideologia alemã. Boitempo, São Paulo.
- Mitidiero Júnior, M. A., 2022. Censo Agropecuário 2017: o que revela o censo do golpe? Lutas Anticapital, Marília.
- Montibeller, G.R., 2021. O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. Brazil Publishing, Curitiba.
- Milhome, M. A. L.; Lima, F.A.F.; Nascimento, R.F.do., 2015. Influence the USE of Pesticides in the Quality of Surface and Groundwater Located IN Irrigated Areas of Jaguaribe, Ceara, Brazil. International Journal of Environmental Research, 9, n. 1, 255–262.
- Möbus, G.; Silva, C.M.S.V.; Feitosa, F.A.C., 1998. Perfil Estatístico dos Poços no Cristalino Cearense. In: Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, 3., Recife.
- Moraes, L.F.S.; Rocha Filho, F.C.; Cordeiro W.; Figueiredo, M.C.B.; Rosa, M. de F., 2005. Análise das águas subterrâneas nos municípios do médio e baixo Jaguaribe; mapeamento e estimativa de disponibilidade atual. Revista Ciência Agronômica, 36(1): 34-43.
- Muniz, A.M.V., 2004. Reestruturação produtiva e trabalho agrícola no Baixo Jaguaribe: mudanças, permanências, desafios e tendências. Dissertação (Mestrado). Fortaleza. Programa de pós-graduação em Geografia-UECE.
- Oliveira, R. G. de., 2020. Arcabouço Geofísico da Província Borborema: implicações para o entendimento de sua evolução geotectônica. CPRM. Brasília.
- Pinéo, Tércyo Rinaldo Gonçalves; Pallheta, Edney Smith de Moraes. 2021. Projeto mapa geológico

- e de recursos minerais do estado do Ceará – Escala: 1:500.000. CPRM, Fortaleza.
- Pinheiro, A.F.C. Cavalcante, I.N.; Garcês, A. dos S.; Oliveira, R.M.de; Pinho, E. A., 2019. As águas do aquífero aluvionar do rio Jaguaribe e sua relação com o uso/ocupação do solo: área piloto de São João do Jaguaribe, Ceará. In: Aguilera, J. G.; Zuffo, A.M. Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica. Atenas, Ponta Grossa.
- Rühle, O., 2022. O essencial de Marx. Vozes, Petrópolis.
- Rigotto, R.M.; Vasconcelos, D.P.; Rocha, M.M., 2014. Uso de Agrotóxicos no Brasil e Problemas Para a Saúde Pública. Cad. Saúde Pública, 30 (7):1-3.
- Rigotto, R. Agrotóxicos, trabalho e saúde: vulnerabilidade e resistência no contexto da modernização agrícola no Baixo Jaguaribe/CE. 2011. Co-edição com a Expressão Popular./ Raquel Rigotto. [organizadora]. Edições UFC, Fortaleza.
- Romero, D., 2005. Marx e a técnica: um estudo dos manuscritos de 1861-1863. Expressão Popular, São Paulo.
- Stevaux, J.C.; Latrubesse, E.M., 2017. Geomorfologia fluvial. Oficina de Textos, São Paulo.
- Saito, K., 2021. O ecossocialismo de Karl Marx: capitalismo, natureza e a crítica inacabada à economia política. Boitempo, São Paulo.
- Sayre, R; Löwy, M., 2021. Anticapitalismo romântico e natureza: o jardim encantado. Unesp, São Paulo.
- Sousa, J. S. F. de O.; Gadelha, A. A. M.; Mendes, L. S. A. dos S.; Siva Neto, C.A. da; Salgueiro, A.R.; Cavalcante, I.N., 2021. Anthropic Influences on the Quality of Underground Waters for Human Consumption in Russas, Ceará, North-eastern Brazil. Anuário do Instituto de Geociências, v. 44, 43166. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2021\\_44\\_43166](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_43166).
- Sousa, J.S.F. de O., 2023 - Impactos ambientais e na saúde pública das águas de abastecimento no município de Aracati – CE. Dissertação (mestrado). Fortaleza. Programa de Pós-graduação em Geologia/ UFC.
- Smith, A. 1996. A riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas. Nova Cultural, São Paulo.
- Soares, H.S., 2000. Elementos para uma geografia histórica do Baixo Jaguaribe: as transformações do espaço agrário regional. Revista Propostas Alternativas. Vale do Jaguaribe: natureza e diversidade cultural. Fortaleza: IMOPEC.
- Soliman, M., 2013. Engenharia Hidrológica das regiões áridas e semiáridas. LTC, Rio de Janeiro.
- Tavares, T.D., 2023 - Vulnerabilidade e risco ao uso dos agrotóxicos no município de Limoeiro do Norte – Ceará. Dissertação (mestrado). Fortaleza. Programa de Pós-Graduação em Geologia/ UFC.
- Weber, M., 2020. A Ética Protestante e o Espírito do Capitalismo. Edipro, São Paulo.