

### **3 – GEOLOGIA, RECURSOS MINERAIS E ATIVIDADE MINERÁRIA, GEOMORFOLOGIA E ESTUDO DE EROSÃO, PEDOLOGIA, APTIDÃO AGRÍCOLA, CLASSES DE TERRA PARA IRRIGAÇÃO E ZONEAMENTO EDAFO- CLIMÁTICO PARA CULTURAS**

#### **3.1 – Geologia**

Devido aos poucos trabalhos realizados até o momento na área da Bacia do Rio Gramame, este estudo baseia-se principalmente no Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - Folha 16, elaborado pela SUDENE (1978). A escassez de estudos em relação aos terrenos cristalinos se deve talvez à fraca vocação minerária dos mesmos. Já nos terrenos sedimentares, os depósitos de calcário e fosforita despertaram estudos técnico-econômicos, o que propiciou uma bibliografia relativamente mais rica.

Uma análise tectônico-estratigráfica destaca: o embasamento cristalino, dominando na porção central e ocidental da folha (ocupando cerca de 15.700 km<sup>2</sup>) de idade pré-cambriana; a Bacia Costeira Pernambuco-Paraíba (cerca de 9.500 km<sup>2</sup>) com desenvolvimento do Cretáceo superior ao Terciário inferior; depósitos correlatos (Grupo Barreiras) com distribuição preferencial na faixa costeira, sedimentos de praia e aluviões de distribuição mais restrita e específica. A figura 3.1, refere-se ao mapa geológico da bacia.

##### **3.1.1 - Análise tectônico-estratigráfica**

- **Província Cristalina**

No âmbito da Bacia do Rio Gramame, são predominantes corpos graníticos e granitóides, alongados e laminados, que aparecem em pontos esparsos a oeste da mesma. Com base no Mapa Geológico do Nordeste - Folha 16, elas ocorrem a partir das proximidades da cidade de Pedras de Fogo-PB, região onde se localizam as nascentes dos rios Gramame, Mamuaba e Mumbaba, nos sedimentos de potencial hidrogeológico explorável classificado de médio a fraco, possivelmente da formação Guararapes, que fazem o contato geológico discordante com as rochas do cristalino.

# FIGURA 3.1 – MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO GRAMAME

A intensa tectônica ratural da área em estudo, talvez se explique por sua posição dentro da "zona transversal" (Ebert, 1964) do Nordeste, colocada entre o lineamento Paraíba e o lineamento Pernambuco. Destaca-se, afora as zonas de influência desses lineamentos, onde são comuns os deslocamentos tectônicos, inúmeras outras falhas de direção NE, delimitando contatos, formando escarpas, expressando rejeitos vertical e direcional, bem como algumas falhas de direção EW, denotando esforços de empurrão (Itabiana-Camutanga) ou deslocamentos gravitacionais.

Na área há evidências de um sistema de fraturas transversais à direção das rochas, de caráter tectônico distensional, resultante dos movimentos epirogenéticos que afetaram a região, a partir do Cretáceo Superior, sistema este, que comandou a instalação da rede hidrográfica, subordinando-a à direção das fendas e fraturas reabertas e/ou formadas. Dado a proximidade das nascentes dos rios da Bacia do Rio Gramame, deste complexo cristalino cisalhado, estas fendas e fraturas devem ter determinado os caminhos e percursos dos mesmos, bem como a alimentação de suas nascentes.

- **Terrenos Sedimentares**

São representados pelos sedimentos do Grupo Paraíba, compostos das formações: Beberibe, Gramame e Maria Farinha, que formam a bacia sedimentar costeira denominada Pernambuco-Paraíba, além das extensas exposições terciárias, constituídas do Grupo Barreiras e Quaternárias, formadas por aluviões, dunas e sedimentos de praia, tais como recifes e mangues.

Esta bacia sedimentar costeira tem uma extensão longitudinal de 250 km se estendendo de Recife a Natal, com largura média oscilando entre 25 e 45 km. Seu desenvolvimento é do Cretáceo superior ao Terciário inferior, sendo que sua representação lito-estratigráfica praticamente só aflora na metade sul da folha-16, com toda a bacia extensivamente capeada pela cobertura pliocênica do Barreiras.

Segundo Schobbenhaus (1984), deve-se a Oliveira & Leonardos (1943), o nome do Grupo Paraíba, para designar as formações Cretáceas Beberibe e Gramame e a formação Maria Farinha (que não está presente na área da Bacia do Rio Gramame), atribuída ao Terciário. Estas unidades têm idade e relações estratigráficas bem definidas.

A sequência sedimentar do Grupo Paraíba, de baixo para o topo é a seguinte:

*Formação Beberibe* - que inicia a sequência, se assenta direta e discordantemente sobre o embasamento cristalino. Apresenta cerca de 200 m de arenitos conglomeráticos até finos, friáveis, de cor amarela e branca, com cimento argiloso ou ferruginoso, com uma fácies siltosa e até argilosa de cor preta no topo dos arenitos calcíferos. Seus grãos apresentam grau de esfericidade variando entre o subanguloso ao subarredondado, sendo predominantemente quartzosos.

O nome Beberibe foi proposto por Kegel (1955), para designar uma camada fossilífera, intercalada nas areias argilosas aflorantes no vale do rio Beberibe, próximo a Recife; esse autor a inclui na formação Itamaracá, como membro Beberibe. Na conceituação estratigráfica atual, essa formação engloba a fácies continental da antiga formação Itamaracá.

A formação Beberibe é recoberta concordantemente pelos sedimentos carbonáticos da formação Gramame, unidade sobrejacente, e, estão bem representados entre Abreu e Lima (PE) e o rio Arataca. Segundo Petri (1988), aflora em grande extensão, ocupando grande parte da borda oeste da faixa sedimentar costeira, isto é, quase todos os planaltos por onde corre a estrada Recife-João Pessoa, formando chapadas a oeste desta estrada. Asmus & Carvalho (1978) sugerem ambiente litorâneo, lagunar e estuarino, com interposição de fácies carbonáticas de plataforma.

De acordo com Mabesoone (1965), embora a área tenha sido mapeada também em superfície, tal ocorrência ficou, pelos estudos mais recentes, bastante duvidosa, devido à dificuldade de distingui-la sedimentologicamente da sobrejacente Formação Barreiras, por causa do profundo intemperismo. Dessa maneira, ficou difícil apresentar um esboço dos seus sistemas deposicionais, desde que dependem muito de dados de poços, geralmente descritos com bastante precariedade.

*Formação Gramame* - consiste de um pacote pouco espesso (aproximadamente 40 metros), de sedimentos predominantemente calcários. A sequência inicia-se com arenitos calcíferos, até calcarenitos, em passagem gradativa para os próprios calcários. Segundo as Notas Explicativas do Mapa Hidrogeológico do Nordeste - SUDENE (1973), trata-se de uma sequência transgressiva, bastante fossilífera (macro e micro fauna).

A designação Gramame foi proposta por Eusébio de Oliveira, em 1940, referindo-se às ocorrências de calcários no vale do rio homônimo (Geologia do Brasil-DNPM, 1984).

Em muitos lugares, a parte basal da formação apresenta-se com alto teor de fosfato, objeto de exploração econômica para fins precípuos. A coloração destes sedimentos varia de

creme a cinzento. O fato de ser uma sequência fossilífera, mormente em sua seção final, serve para a sua diferenciação lito-crono-estratigráfica dos outros calcários a ele sobrepostos.

*Formação Maria Farinha* - Segundo Petri (1988), o capeamento da Formação Marinha é restrito a uma faixa estreita, litorânea, entre Recife e o vale do rio Goiana. A espessura da formação Maria Farinha é de cerca de 30 metros, podendo apresentar ocasional espessamento em direção à plataforma continental. De acordo com o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste da SUDENE (1978), esta formação consiste de um pacote pequeno de calcários detríticos, bem estratificados, que se inicia por um tipo litográfico, passando sucessivamente a dolomítico, argiloso e ocorrendo delgadas lâminas de argila no topo da formação. Não há, pois, uma mudança litológica brusca entre esta unidade e a formação Gramame, todavia, não se faz presente na área da bacia do Rio Gramame. Seu rico conteúdo fóssil (macro e micro fauna) lhe dá idade paleocênica, e retrata uma origem de ambiente de mar regresso.

Todas essas formações (Beberibe, Gramame e Maria Farinha) podem ser capeadas ou não por depósitos terciários, conhecidos por Barreiras e aluviões fluviais, Petri (1988).

*Os Sedimentos Terciários e Quaternários* – Compreendem os depósitos continentais miopliocênicos do Grupo Barreiras (Terciário) e as aluviões fluviais, sedimentos costeiros, recifes de arenitos, dunas, com ênfase para os depósitos flúvio-marítimos das planícies costeiras (Quaternário). (Alheiros, M.M. e Lima Filho, M.F., 1991).

De acordo com as Notas Explicativas do Mapa Hidrogeológico do Nordeste - SUDENE (1973), o Grupo Barreiras consiste de três formações: Serra do Martins, Guararapes e Macaíba.

A *Formação Serra do Martins* ocorre em três locais capeando as serras ou platôs, onde estão localizadas as cidades de Araruna, Solânea e Areia, todos na Paraíba, não estando presente assim, na área da bacia do Rio Gramame. São exposições bastante recortadas e pouco espessas de arenito silicificados, sem importância hidrogeológica.

A *Formação Guararapes* é a mais extensa e bem conservada, com espessuras de até 70 m, sendo constituída por uma alternância de areias, siltes e argilas variegadas, em camadas horizontais, contendo às vezes, lentes com vegetais fósseis. É encontrada ao longo da costa formando os tabuleiros costeiros e falésias e nos vales dos maiores rios da área, capeando às vezes, pequenas partes dos tabuleiros inferiores (constituídos da formação Beberibe). As análises sedimentológicas e geomorfológicas revelam que tais sedimentos são depósitos

continentais correlatos do pediplano mais recente da região (superfície Pliocênica). Daí a idade mio-pliocênica da formação.

A *Formação Macaíba* é a unidade superior do Grupo Barreiras, sendo constituída por areias às vezes argilosas, com bastante caulim. Por seus caracteres dimensionais reduzidos e sua distribuição restrita não foi separada da formação Guararapes. Todavia, a unidade foi encontrada até o presente (Tinoco e Mabesoone, 1971) na região de João Pessoa, e nos vales dos rios Paraíba, Gramame, Miriri e Mamanguape. Segundo estes autores, estes afloramentos se localizam em depressões de origem tectônica, isto é, grabens, onde elas ficaram preservadas da erosão.

*Sedimentos Quaternários* - Dispostos de maneira a preencher os vales e a formar as planícies costeiras da rede hidrográfica da área da Folha 16 do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – SUDENE (1978), esses sedimentos inconsolidados areno-argilosos, de origem flúvio-marinha, que são as aluviões quaternárias, não têm presença de destaque na área da bacia do rio Gramame, conforme demonstra o mapa hidrogeológico que acompanha aquele inventário hidrogeológico.

### **3.1.2 – Hidrografia e hidrogeologia**

A rede hidrográfica do Rio Gramame, orienta-se perpendicularmente à costa oriental do Nordeste, desembocando diretamente no Oceano Atlântico.

Da mesma forma que os demais cursos de água da região, tornam-se perenes apenas após penetrarem os terrenos sedimentares da bacia costeira onde as inúmeras fontes e ressurgências dos aquíferos transbordantes alimentam a rede hidrográfica regional. Nas partes onde a drenagem se faz sobre os terrenos cristalinos, relativamente impermeáveis, estes rios são intermitentes, não obstante a pluviosidade seja favorável à sua perenização.

- **Hidrologia Subterrânea**

Pode-se individualizar duas grandes províncias hidrogeológicas na área da Bacia do Rio Gramame: a província cristalina e a província sedimentar.

Nestas províncias, o contexto geológico de cada uma é fundamentalmente diferente: no cristalino predominam rochas de permeabilidade original insignificante ou, mesmo, nula. Aí o armazenamento de água subterrânea se faz em áreas preferenciais e localizadas

correspondentes às zonas fraturadas, às áreas com manto intempérico desenvolvido e às regiões onde existem depósitos aluviais de características granulométricas e dimensionais favoráveis; ao contrário, na província sedimentar, a acumulação dos recursos subterrâneos está intimamente ligada à permeabilidade original dos constituintes das rochas.

- **Província Cristalina**

De conformidade com o Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Paraíba (1994), anexo 2, a Província Cristalina é constituída pelo conjunto de rochas ígneas e metamórficas, de idade Pré-Cambriana formado por, principalmente, gnaisses, migmatitos, granitos, mica-xistos, filitos e quartzitos, nesta ordem de ocorrência.

Tomando ainda como base a Folha 16, do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – SUDENE (1978), já que a bacia em estudo faz parte desta folha, a província cristalina engloba 60% desta área, correspondente à sua parte ocidental, constituída pelo complexo de rochas granítico-migmatíticas precambrianas. Nesta província, as águas se acumulam nas fraturas, aluviões e manto de intemperismo, constituindo zonas aquíferas, onde a definição de seus limites é bastante imprecisa e dificultada, não só devido aos problemas geológicos, mas também, fatores fisiográficos (climáticos, em particular) bastante restritivos ao armazenamento e desenvolvimento destes recursos.

Os estudos desenvolvidos pelo Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Paraíba (1994), reforça esta constatação, afirmando que o sistema cristalino somente se comporta como aquífero nas áreas onde se encontra fraturado ou profundamente alterado. Fora destes limites, a acumulação inexistente, funcionando a rocha como um aquífugo, dada a sua permeabilidade praticamente nula. Trata-se de um sistema espacialmente muito descontínuo, de topo livre, de dimensões limitadas às zonas fendilhadas e/ou alteradas, heterogêneo, anisotrópico, onde a recarga, a circulação e a descarga naturais são inquantificáveis no estágio atual de conhecimento da hidrogeologia dos terrenos fraturados, sendo discutível a ocorrência das condições de fluxo horizontal. A recarga deve se processar através do fluxo vertical de parcela da taxa de infiltração das águas pluviais.

No caso específico da Bacia do Rio Gramame, objeto do presente estudo, a presença do complexo cristalino ocorre na porção SW da mesma, no município de Pedras de Fogo-PB, onde existe o afloramento de um corpo granítico, que faz contato geológico com o aquífero de potencial explorável de médio a fraco do Sistema Sedimentar Pernambuco-Paraíba, e onde

estão localizadas as nascentes dos rios principais que compõem a bacia: o Gramame, o Mamuaba e o Mumbaba. Tendo em vista a proximidade dessas nascentes com o complexo cristalino e a ocorrência de muitas falhas e fraturas na região, podemos inferir que o mesmo contribui para a formação das nascentes daqueles rios.

Sendo as referidas nascentes localizadas numa área de baixa produtividade hídrica, a perenização dos mesmos só é completa quando atinge os terrenos sedimentares de maior potencial hídrico.

A alimentação da província cristalina é realizada através das formas pluvial e fluvial que, após saturarem os alúvios, elúvios e colúvios, vão atingir os reservatórios mais profundos, se existirem, representados pelos riachos-fundos.

A contribuição efetiva, ou seja, o coeficiente de infiltração é difícil de ser estimado, haja vista a falta de dados relativos à equação do equilíbrio hidrológico, particularmente aqueles relativos ao deflúvio da rede hidrográfica. Todavia, com base em estudos feitos para a Bacia do Mundaú-AL, estima-se que a mesma, nestas regiões cristalinas de boa pluviometria, seja aproximadamente 2,41 % da pluviometria anual.

No que se diz respeito ao escoamento, uma vez que no atual estágio de conhecimento da hidrologia subterrânea dos terrenos cristalinos, não foi realizado o nivelamento topográfico dos poços com vistas à construção de mapa piezométrico, observações locais, bem como, a própria presença de fontes, demonstra que a circulação se faz para os vales, influenciada pela topografia regional e comandada pela rede hidrográfica que se estabeleceu (pelo menos a rede acessória), nos fendilamentos pré-existent.

Também deve influenciar na circulação das águas subterrâneas a superposição dos alúvios, elúvios e colúvios, transformados em meio de ligação entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, estes, representados pelas fendas. Esta cobertura intempérica, nos períodos chuvosos, recebe as águas pluviais que, após saturá-la, vai alimentar os reservatórios inferiores. Nos períodos de estiagem, nas áreas onde a evapotranspiração é intensa, este pequeno sistema aquífero, após restituir o excesso à superfície, perde esta ligação superficial, quando então o escoamento ficará na dependência da interconectação ou não dos sistemas de fraturas. O gradiente sob o qual se faz o escoamento, é desconhecido.

- **Província Sedimentar**



Com base nas informações do Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Paraíba (1994), de um modo geral, todas as formações da faixa costeira do Estado, constituem aquíferos de importância hidrogeológica variável, em função da composição litológica, extensão e espessura da sequência sedimentar. Aluviões, sedimentos de praia e mangues, têm uma expressão hidrológica secundária e acessória, assim como, os calcários da formação Gramame. As demais formações constituem, aquíferos importantes no contexto hidrogeológico da região, principalmente a Formação Beberibe e as formações do Grupo Barreiras. Desta forma, de acordo com as características hidroestratigráficas e hidrostáticas, os aquíferos da bacia costeira, de uma maneira geral, podem ser reunidos em dois sub-sistemas distintos que são:

a) *subsistema-livre*, que está contido predominantemente no Grupo Barreiras e, eventualmente, nos sedimentos inconsolidados do Quaternário (sedimentos de praia, dunas e aluviões) que se lhe sobrepõem e, mais restritamente, nos calcários sotopostos da Formação Gramame, podendo englobar ainda, embora que localmente, os arenitos calcíferos da Formação Beberibe superior.

b) *sub-sistema confinado*, o mais importante da bacia, que está contido nos arenitos quartzosos e/ou calcíferos da Formação Beberibe, cujo nível confinado superior é variável, ora representado pelas margas da Formação Gramame, ora pelos níveis argilosos inferiores da Formação Guararapes do Grupo Barreiras, ora por lentes argilosas que ocorrem no topo da Formação Beberibe inferior e cujo nível impermeável inferior é, invariavelmente, o substrato cristalino pré-cambriano.

As condições regionais de alimentação destes sub-sistemas são excelentes em função das características climáticas e morfológicas reinantes, recobrimdo a área com isoietas anuais de 2.000 a 1.200 mm da linha de costa para o interior, área essa, coberta pela Folha 16 do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste da SUDENE (1978). As taxas de infiltração direta a partir da pluviometria têm estimativas bastante ponderáveis, desde 10% até 30% ao ano. Dada à conexão hidráulica entre os dois sub-sistemas, a recarga do confinado também é considerável. No que está enquadrado dentro destes parâmetros, a área da Bacia do Rio Gramame.

A circulação regional de ambos os sistemas é direta ou indiretamente a mesma: em gradientes suaves com significativos volumes; restituídos aos rios, vias de regra perenizando-os (caso dos rios da Bacia do Gramame), ou, escoados diretamente ao mar.

A exploração destas águas subterrâneas é intensiva e crescente, em função da demanda urbana e industrial. Conquanto sejam realmente exponenciais os recursos subterrâneos exploráveis destas províncias, já seria, no entanto, bastante recomendável um controle oficial da utilização deste manancial, por prudência, quanto a problemas de super-exploração e poluição.

Deve-se assinalar aqui, que a província sedimentar em análise, tal a sua importância, já reclama um trabalho de profundidade, com precisão dos elementos de balanço hidrológico e das características hidrodinâmicas de todas as unidades, utilizando, para esse fim, poços específicos hidroestratigráficos, e em estágio futuro de conhecimento, um estudo através de modelo matemático de simulação, visando a definição das condições ideais e limitantes de exploração de tais sistemas aquíferos.

- **Sistema Aquífero Livre**

Considerar-se-á separadamente que o aquífero livre regional pode estar contido nos sedimentos cenozóicos inconsolidados (aluviões, sedimentos de praia) e nos sedimentos areno-argilosos variegados do Grupo Barreiras. Os recursos hídricos armazenados nos sedimentos de praia e aluviões são pouco expressivos, em conjunto. Sua importância é maior como realimentador do sistema subjacente. As espessuras saturadas raramente atingem e/ou ultrapassam 20 a 30 m.

No entanto, dados hidrodinâmicos concretos de poços captando exclusivamente estes depósitos, inexistem. A captação mais comum é através de poços amazonas e cacimbas, sem números de produção. O aquífero dos calcários produz quantidades reduzidas de água subterrânea de qualidade química deficiente. A permeabilidade é baixa, em geral, visto o predomínio de unidades margosas (rochas argilosas, contendo grande proporção de calário - entre 20 e 80%).

Alguna circulação cárstica, localmente, pode condicionar resultados de vazão específica da ordem de 300 a 500 l/h, mas isto é raro e inferido, pois não há dados diretos. As águas subterrâneas são bastante duras, quando contidas neste aquífero ou em contato com eles, e alguns teores apreciáveis de gás sulfídrico têm sido detectados. Em geral, este aquífero é pouco explorado em vistas das reservas e perspectivas das águas subterrâneas contidas nos sedimentos do "Barreiras" e do "Beberibe". Os volumes armazenados nos sedimentos de praia

e aluviões e, nos calcários, chegam a ser negligenciáveis, quando se trata de uma análise de conjunto.

- *Aqüífero Barreiras*

O Grupo Barreiras, ou mais precisamente a Formação Guararapes, toma parte importante no conjunto das águas subterrâneas da província sedimentar. Comporta-se como um sistema freático, com heterogeneidade bastante para a sua litologia de intercalações clástico-pelíticas.

Seus recursos hídricos são restritos aos níveis arenosos e conglomeráticos confinados por delgadas camadas argilosas, levando a consumação de uma unidade hidrogeológica heterogênea, onde a circulação se realiza com substancial perda de carga. De fato, o aquífero em análise sofre processo de drenagem permanente para os cursos d'água que dissecam o tabuleiro, para o nível confinado subsuperficial (Beberibe) - se a diferença de potencial hidrodinâmico o permitir e para o mar. Deve ser compreendido como parte integrante e importante da província em estudo, sendo difícil separá-lo para uma apreciação isolada de suas partes integrantes.

A alimentação desta unidade se faz exclusivamente pela precipitação atmosférica, ao longo de sua extensiva área de exposição como formação de cobertura, como acontece na área da Bacia do Rio Gramame. As isoietas, que recobrem a área, são de 1.200 a 2.000 mm/ano, de oeste para leste. Essa alimentação se processa através de uma taxa de infiltração das precipitações atmosféricas anuais da ordem de 15%, com variações para mais e para menos em função do condicionamento morfo-litológico da formação. A circulação é feita direta e indiretamente para o mar condicionado pela rede hidrográfica. Apesar de inexistir dados diretos de infiltração e sejam marcantes os demais elementos da equação do equilíbrio hidrológico, as características dos solos desenvolvidos nos tabuleiros (e das areias brancas que os recobrem) e a comparação com áreas similares do Nordeste, nos permitem estimar com certo pessimismo, uma taxa de infiltração de 10 a 30% da precipitação anual.

As espessuras saturadas situam-se desde 10 até 100 m, em função da configuração morfológica superior do embasamento (declive médio de 5m/km), da posição estrutural (monoclinal, espessando-se para a costa) e da modelação do relevo pelo ciclo erosivo atual. Para o desenvolvimento dos cálculos, a espessura média considerada foi de 80m. Por outro lado, em 30 poços seguramente penetrados só no Grupo Barreiras, a vazão específica obtida

situa-se entre 120 e 1200 l/h/m, sendo que em 75% a vazão específica é superior a 400 l/h/m, para um rebaixamento médio de 20 m.

A circulação do contingente infiltrado é direta e indiretamente dirigida para o oceano. As emanções, fontes e ressurgências que caracterizam o sopé dos taludes do Barreiras, é que alimentam todos os drenos e cursos d'água regionais, dando-lhes o caráter de permanência. Afora estas perdas e da evapotranspiração real, estimada em torno de 70 a 90% do total precipitado, ainda é notável o contingente hídrico que atinge o oceano. Destaca-se ainda a notável importância da drenagem vertical para o aquífero confinado, conforme medido por Bezerra et al. (1971).

Foi observado, uma certa dificuldade na análise do sistema de escoamento do aquífero, devido principalmente a extraordinária fluência lateral do mesmo e também, à descontinuidade do corpo litológico retalhado às vezes totalmente pela drenagem atual. Por outro lado, os dados altimétricos são insuficientes para um traçado correto de equipotenciais e linhas de fluxo. Todavia, o nível piezométrico regional procura guardar um paralelismo regular com a superfície de deposição da unidade, mediante um gradiente médio de 0,5 % (5m/km), (Bezerra et al., op. cit.). De acordo ainda com os autores, o valor aproximado do escoamento do sistema livre da província costeira foi estimado em  $5,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano.

- **Sistema Confinado Beberibe/Itamaracá**

As formações Beberibe/Itamaracá compõem o principal reduto aquífero da província, sendo na realidade um dos sistemas mais importantes do Nordeste do Brasil, ao nível dos ainda escassos conhecimentos atuais. O espesso pacote de arenitos e arenitos calcíferos acha-se saturado de água e confinado na maioria de sua extensão, em parte pelas margens do Gramame, em parte pelos próprios níveis argilosos do grupo Barreiras. A área da Bacia do Rio Gramame, está inserida neste contexto, à exceção da Formação Itamaracá, que não faz parte do sistema confinado da referida bacia.

O condicionamento sedimentológico desta unidade, conforme o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste-SUDENE (1978), com desenvolvimento de fácies fluvial, estuarina e litorânea (o Itamaracá) conduziu a uma rocha de boa permeabilidade em geral, com uma espessura cuja média gira em torno de 200 m. Disposta numa região de pluviometria elevada, e de excelentes condições de alimentação indireta, aliando-se a isso a suave inclinação monoclinal para o lado do mar, e acobertada por níveis impermeáveis diversos.

Tudo conduz à formação de um aquífero artesiano, que ao sabor da dissecação geomórfica dá excelentes condições de jorro, longe das zonas de recarga principais.

A alimentação direta do aquífero é feita pela precipitação atmosférica ao longo de suas amplas, planas e arenosas faixas de exposição. As taxas de infiltração, a partir da privilegiada pluviometria, são desconhecidas de fato, mas estimadas na ordem de grandeza de 10 a 30% da precipitação anual, à semelhança do Barreiras.

A alimentação indireta, através da filtração vertical do freático (Barreiras, "areias brancas", praias, aluviões) é marcante e até mesmo já dimensionada.

O exutório fundamental do Beberibe é o mar, havendo um já substancial contingente em utilização pelo consumo humano e industrial (cerca de 41 poços, conforme dados do Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, anexo 6, (1994), estão em funcionamento na área do sistema Paraíba-Pernambuco), e certa evidência de filtração vertical ascendente para os calcários costeiros do Grupo Paraíba. A evapotranspiração tem sua atuação diminuída pelas condições fisiográficas e geológicas regionais.

Não há condições ainda, por deficiência de número e de profundidade de poços, de um traçado correto do contorno da superfície piezométrica deste aquífero. Todavia, graças às suas características gerais pouco mutáveis, há condições plausíveis de se esperar equipotenciais paralelas à linha de costa com certas convexidades (tabuleiros) e reentrâncias (vales principais) bem distribuídos e separadas por um gradiente hidráulico baixo, em geral de 0,1 a 2,2 % (Bezerra et. al., op. cit.; Rebouças, op. cit.). O mecanismo de descargas dessas águas no oceano, a profundidade e a extensão da interface, etc. são totalmente desconhecidas por falta de poços hidroestratigráficos.

Tendo em vista a importância do aquífero confinado no abastecimento regional, já se dispõe de alguns dados hidrodinâmicos, frutos de testes de bombeamento bem conduzidos, onde a presença de geólogos especializados se fez sentir. Na realidade, apesar do fato de poços parcialmente penetrantes terem sido em geral utilizados, os resultados obtidos demonstram que o aquífero confinado está bem próximo das condições de isotropia e homogeneidade idealizadas pelos especialistas da hidrodinâmica convencional de poços tubulares.

Há ainda a frisar, uma provável separação do sistema aquífero confinado em dois subsistemas: um inferior contido nos arenitos não calcíferos (Beberibe), presente na área em estudo da Bacia do Rio Gramame e, outro, superior, jazendo nos arenitos calcíferos

(Itamaracá), na área entre Olinda e Goiana em Pernambuco. Esta separação deve-se à presença de uma camada mais ou menos contínua de argilas escuras (preta, predominantemente), bastante impermeável, dando condições de confinamento diferencial aos dois aquíferos por ela separados.

Este fato reveste-se de importância quando do abastecimento humano e urbano, porque as águas do pacote inferior, presente na área da Bacia do rio Gramame, são de qualidade mais adequada, não apresentando a alta dureza e os odores indesejáveis que, às vezes, o aquífero Itamaracá contém.

### 3.2 - Recursos Minerais e Atividade Minerária

Na área da bacia existem algumas áreas de exploração mineral, destacando-se a extração de areia e barro, destinada à construção civil, explorada de forma rudimentar e não planejada, porém em escala bastante reduzida, não sendo significativo em termos de exploração potencial que possa contribuir ou influir no processo de erosão. Em algumas áreas de terraço ocorrem também a extração da argila, destinada à fabricação de tijolos e telhas, exploração que pode ou já favorece um processo de assoreamento.

Estas explorações ocorrem de forma distribuída, não agravando a situação da erosão no âmbito da bacia como um todo.

Ainda neste contexto da mineração, salienta-se a exploração de água subterrânea, de caráter mineral, explorada de forma industrial.

Na tabela 3.1 estão apresentadas, por município e por sub-bacias, as explorações de substâncias minerais na bacia hidrográfica do rio Gramame, as quais são regulamentadas pelo Departamento Nacional de Exploração Mineral (DNPM)/15º Distrito, sediado na cidade de Campina Grande, PB. Antes de analisar os dados vale ressaltar que, segundo o DNPM a exploração mineral comercial só deveria existir, quando o requerente recebe desse Departamento a “concessão de lavra”. Porém, por motivos alheios à fiscalização, quando o requerente recebe a autorização de pesquisa do DNPM, ele já se acha no direito de começar a exploração comercial da jazida mineral.

Pelo que se observa na tabela 3.1 as substâncias minerais exploradas na bacia são: água mineral, areia, argila e calcário.

Apenas três empresas têm concessão de lavra para a exploração da substância água mineral na bacia hidrográfica do rio Gramame e, são as únicas que atualmente exploram comercialmente essa substância mineral. São elas: a mais antiga, “Indaiá Brasil Águas Minerais Ltda.”, que tem processo de pedido registrado no DNPM desde 1951, e explora a marca comercial “Água Mineral Indaiá”; a “Empresa de Mineração Sublime Ltda.”, com processo no DNPM datado de 1969, com marca comercial “Água Mineral Sublime”; e a “Ingá Agropecuária e Mineração”, que explora a marca comercial “Água Mineral Itacoatiara”, com pedido de exploração desde 1991; ambas situadas no município de Santa Rita.

De acordo com os relatórios de previsão de exploração mineral, entregue por essas três empresas ao DNPM, a “Indaiá Brasil Águas Minerais Ltda.”, com duas fontes hipotermiais de exploração, com vazões de 375,00 l/min e 230,00 l/min, fez uma previsão de engarrafar

252.900,00 m<sup>3</sup> de água mineral no ano de 1999; 257.050,00 m<sup>3</sup> para 2000; e 261.200,00 m<sup>3</sup> para 2001. A “Empresa de Mineração Sublime Ltda.”, com uma fonte hipotermal com vazão de 383,33 l/min de água mineral, fez uma previsão para engarrafar em 1999, 7.174,58 m<sup>3</sup>; 8.607,09 m<sup>3</sup> em 2000; e 10.763,39 m<sup>3</sup> em 2001. Já a “Ingá Agropecuária e Mineração”, com uma fonte hipotermal de exploração, com vazão de 520,0 l/min, previu engarrafar 100.248,70 m<sup>3</sup> de água mineral no ano de 1999, 106.264,00 m<sup>3</sup> para 2000 e 112.272,80 m<sup>3</sup> em 2001.

Há também duas autorizações de pesquisa pelo DNPM para a exploração de água mineral nos municípios de Alhandra e Conde, quatro no município de Pedras de Fogo e uma em Santa Rita, mas até a presente data, as fontes ainda não foram exploradas comercialmente.

A substância mineral areia é mais explorada na área que compõe a bacia hidrográfica do rio Gramame nos municípios de Cruz do Espírito Santo e Santa Rita. Porém, nenhum dos requerentes com processos de exploração mineral no DNPM (seis no município de Cruz do Espírito Santo e oito no município de Santa Rita) tem a concessão de lavra. Em quase sua totalidade têm apenas o licenciamento de exploração, mas mesmo assim essa substância mineral é explorada comercialmente.

A exploração mineral da substância argila têm poucos requerentes registrados no DNPM na bacia hidrográfica do rio Gramame. Eles estão presentes em quase todos os municípios que compõem a bacia, em pequeno número, porém, em grandes áreas. Desses requerentes, a exemplo do que acontece com a substância mineral areia, nenhum tem concessão de lavra. Dentre eles, apenas um situado no município de João Pessoa, tem um requerimento de lavra já autorizado pelo DNPM.

Com presença em apenas dois município da bacia, Alhandra e Conde, o calcário é a substância mineral que mais têm requerentes registrados no DNPM. Como se observa na tabela 3.1, essa substância mineral é explorada em grandes áreas (ver figura 3.2). Apesar do número maior de requerentes (seis no município de Alhandra e treze no município do Conde), apenas dois, um no município de Alhandra, que requereu desde 1967 e outro no município do Conde, com pedido de requerimento desde 1978, têm a concessão de lavra autorizado pelo DNPM.



Tabela 3.1 – Exploração mineral na bacia do rio Gramame

Sub-bacia	Município	Substância	Localidade	Localização		Interessado	Processo DNPM*		Área (ha)
				Lat.	Long.		Nº	Tipo**	
Gramame	Alhandra	Água mineral	Fazenda Caboclo	7° 17'	34° 55'	Vinícius Tavares de Melo	90840129	AP	50,00
Gramame	Alhandra	Água mineral	Mata Redonda	7° 19'	34° 52'	Antônio Alves de Albuquerque Júnior	96846037	AP	4,90
Gramame	Alhandra	Argila	Faz. Mamuaba de Baixo	7° 16'	34° 56'	Celite Mineração do Nordeste Ltda	89840092	AP	733,92
Água Boa	Alhandra	Calcário	Igarapu	7° 17'	34° 54'	Cimento Poty da Paraíba AS	67012610	CL	160,00
Água Boa	Alhandra	Calcário	Mucatu	7° 18'	34° 55'	Donato Notarnicola	74803978	AP	922,00
Gramame	Alhandra	Calcário	Massapé	7° 16'	34° 56'	Glória Maria Silva Pina	75801004	AP	980,00
Gramame	Alhandra	Calcário	Santa Alexandria	7° 14'	34° 55'	Lacir Motta	89840101	AP	16,40
Gramame	Alhandra	Calcário	Sta Alexandrina	7° 15'	34° 56'	Lacir Motta	92840074	RL	74,14
Gramame	Alhandra	Calcário	Fazenda Alexandrina	7° 14'	34° 56'	Luiz Motta Neto - FI	96846038	L	0,70
Água Boa	Conde	Água mineral	Fazenda Kelly	7° 16'	34° 56'	Hélio Barbosa dos Santos	92840096	AP	40,50
Água Boa	Conde	Água mineral	Fazenda São João	7° 16'	34° 56'	Hélio Barbosa dos Santos	95846803	AP	49,50
Água Boa	Conde	Areia	Fazenda Boa Água	7° 15'	34° 55'	Irmãos Queirogo Ltda	97846098	L	5,00
Gramame	Conde	Areia	Granja Cibelle	7° 15'	34° 56'	Bruno Willy Aegerter	97846104	L	3,00
Gramame	Conde	Argila	CIGRA - Companhia Industrial Gramame	7° 12'	34° 54'	Elizabeth Produtos Cerâmicos Ltda	97846037	L	5,00

Tabela 3.1 - Exploração mineral na bacia do rio Gramame (Continuação)

Sub-bacia	Município	Substância	Localidade	Localização		Interessado	Processo DNPM*		Área (ha)
				Lat.	Long.		Nº	Tipo**	
Água Boa	Conde	Calcário	Rio Gramame	7° 14'	34° 53'	Maria José Furtado Gonçalves	74814553	AP	314,00
Gramame	Conde	Calcário	Rio Gramame	7° 12'	34° 53'	Maria José Furtado Gonçalves	74814555	AP	266,00
Gramame	Conde	Calcário	Rio Gramame	7° 12'	34° 52'	Maria José Furtado Gonçalves	74814556	AP	900,00
Água Boa	Conde	Calcário	Conde	7° 15'	34° 54'	Onildo Barbalho de Sena	75800930	AP	152,25
Água Boa	Conde	Calcário	Gramame	7° 14'	34° 51'	José Gomes de Freitas Filho	75801011	AP	993,00
Gramame	Conde	Calcário	Ipiranga	7° 15'	34° 50'	José Gomes de Freitas Filho	75801012	AP	990,00
Gramame	Conde	Calcário	Rio Gramame	7° 13'	34° 50'	José Gomes de Freitas Filho	75801013	AP	990,00
Água Boa	Conde	Calcário	Santo Antônio	7° 15'	34° 52'	José Gomes de Freitas Filho	75801015	AP	842,00
Água Boa	Conde	Calcário	Caxitu	7° 13'	34° 53'	CIA Paraíba de Cimento Portland – CIMEPAR	78801792	CL	900,00
Água Boa	Conde	Calcário	Gramame	7° 17'	34° 54'	Virgínia Maria Canto Gurgel	78840188	AP	82,90
Água Boa	Conde	Calcário	Conde	7° 14'	34° 53'	Álvaro Manuel Machado da Costa	99846005	AP	953,00
Água Boa	Conde	Calcário	Conde	7° 16'	34° 52'	Álvaro Manuel Machado da Costa	99846006	AP	945,00
Água Boa	Conde	Calcário	Granja Josué	7° 15'	34° 53'	Ronaldo Figueiredo Diniz	99846014	L	50,00
Gramame	Cruz do Espírito Santo	areia	Fazenda Beleza	7° 15'	35° 14'	Ana Maria Gouveia	99846016	L	41,67
Gramame	Cruz do Espírito Santo	areia	Massaranduba	7° 15'	35° 14'	Ana Maria Gouveia	99846017	L	33,64
Gramame	Cruz do Espírito Santo	argila	Faz.	7° 13'	35° 3'	Cia Ind. de Investimentos Cerâmicos	96846016	L	50,00

Tabela 3.1 – Exploração mineral na bacia do rio Gramame (Continuação)

Sub-bacia	Município	Substância	Localidade	Localização		Interessado	Processo DNPM*		Área (ha)
				Lat.	Long.		Nº	Tipo**	
Mumbaba	João Pessoa	areia	Engenho Triunfo	7° 11'	34° 55'	Migra Mineração Gramame Ltda	94846034	L	42,00
Mumbaba			Engenho Triunfo	7° 12'	34° 55'	Migra Mineração Gramame Ltda	95846165	L	43,58
Mumbaba			Engenho Triunfo	7° 11'	34° 55'	Migra Mineração Gramame Ltda	95846166	L	7,00
Mumbaba		argila	Fazenda Mumbaba do Pincho	7° 11'	34° 57'	José Nílson Crispim	90840003	AP	835,00
Mumbaba			Fazenda Besouro	7° 11'	34° 54'	Celite Mineração do Nordeste Ltda	90840167	RL	500,00
Mumbaba	Pedras de Fogo	água mineral	Jatiúca	7° 14'	35° 5'	Vinício Tavares de Melo	90840128	AP	50,00
Gramame			Sítio Oratório	7° 23'	35° 8'	José Cavalcante de Oliveira	97840070	AP	49,00
Mumbaba	Pedras de Fogo	água mineral	Jatiúca	7° 14'	35° 5'	Maria Virgínia Tavares de Melo	97846004	AP	42,00
Mumbaba			Jatiúca	7° 14'	35° 5'	Maria Virgínia Tavares de Melo	97846005	AP	0,50
Mumbaba	Santa Rita	Água mineral	Fazenda Caldeirão	7° 13'	35° 1'	Indaiá Brasil Águas Minerais Ltda	51007199	CL	8,00
Mumbaba	Santa Rita	Água mineral	Odilândia	7° 20'	35° 2'	Empresa de Mineração Sublime	69818807	CL	40,00
Mumbaba	Santa Rita	Água mineral	Mumbaba do Pinincho	7° 12'	34° 58'	INGA Agropecuária e Mineração	91840169	CL	35,00
Gramame	Santa Rita	Água mineral	Fazenda Mumbaba III	7° 13'	34° 55'	Álvaro André Magliano	95846171	AP	5,00
Gramame	Santa Rita	Areia	Prop. Águas Turvas	7° 14'	34° 56'	Agro. Ind. Alcool Niva Ltda	94846398	L	44,00
Gramame	Santa Rita	Areia	Águas Truvas	7° 13'	34° 55'	Agro. Ind. Alcool Niva Ltda	94846399	L	42,00

Gramame	Santa Rita	Areia	Prop. Águas Turvas	7° 15'	34° 56'	Agro. Ind. Álcool Niva Ltda	94846401	L	26,00
---------	------------	-------	--------------------	--------	---------	-----------------------------	----------	---	-------

Tabela 3.1 – Exploração mineral na bacia do rio Gramame (Continuação)

Sub-bacia	Município	Substância	Localidade	Localização		Interessado	Processo DNPM*		Área (ha)
				Lat.	Long.		Nº	Tipo**	
Gramame	Santa Rita	areia	Prop. Águas Turvas	7° 14'	34° 56'	Pedro Soares dos Santos	94846403	AP	50,00
Mumbaba	Santa Rita	areia	Fazenda Mumbaba III	7° 12'	34° 56'	Camaco Mineração Ltda	95846170	L	4,10
Mumbaba	Santa Rita	areia	Fazenda São João	7° 12'	34° 56'	Antônio Alpucre Girão da Rocha	98846093	L	14,00
Gramame	Santa Rita	argila	Fazenda Mumbaba III	7° 12'	34° 52'	Camaco Mineração Ltda	95846170	L	4,10

\* DNPM: Departamento Nacional de Produção Mineral - 15º Distrito.

\*\*AP: autorização de pesquisa;

L: licenciamento;

RL: requerimento de lavra;

CL: concessão de lavra.

## Figura 3.2 – Carta de Atividades de Mineração

### 3.3 – Geomorfologia

A bacia do Rio Gramame, situa-se nos Baixos Planaltos Costeiros, formada pelas deposições ocorridas no Terciário, a partir da erosão natural do manto desagregado do Maciço da Borborema, em fases repetidas de resistasia, constituindo, geologicamente o grupo Barreiras que repousa sobre o Pré-Cambriano ou sobre o Cretáceo, Carvalho (1982).

Segundo Almeida (1969), a ascensão epirogênica que ocorreu principalmente no Plioceno e Pleistoceno, acompanhada de intensa erosão, provocou a sedimentação de um volume muito grande de detritos depositados nas áreas costeiras baixas, situadas ao norte do paralelo 20°S, originando o Grupo Barreiras.

O Baixo Planalto constitui o modelado desses sedimentos, caracterizando uma superfície subestrutura, semi-tabular, com mergulho na direção nordeste-leste em uma faixa de 60 a 90 km, marcando nitidamente a morfologia costeira do Estado, na direção norte-sul. Alcança, aproximadamente, 60 km de leste para oeste, com altitudes que vão aumentando, no mesmo sentido, variando de 30 – 40 metros até 200m.

Esse Planalto é recortado no sentido Oeste – Leste, por rios quase paralelos entre si, que o separam em compartimentos quadrangulares, alguns relativamente preservados, outros intensamente dissecados. A erosão do Baixo Planalto tem sido relacionada a uma fase regressiva de mar ou soerguimento da borda continental, no Pleistoceno, que teria ocasionado o aprofundamento da drenagem e a retomada de erosão dos rios.

Os rebordos ocidentais desse planalto apresentam-se em cuevas pouco nítidas e limitam a depressão cristalina sublitorânea, com desníveis que atingem 100 metros ou mais, em alguns trechos desse contato. Em algumas zonas, na linha desse contato sedimentar/cristalino, surgem feições morfológicas distintas. O Planalto diseca-se em colinas residuais de topos semi-aplainados e vertentes convexas.

O modelado das vertentes desse Planalto é variado. Essas vertentes que se apresentam alongadas, côncavas e predominantemente, convexas, são bem dissecadas, com sulcos, ravinas e voçorocas, alargados pela ação do escoamento superficial pluvial e pela interferência antrópica.

Os vales que entalham o Baixo Planalto, são amplos, de fundo chato, com desenvolvimento de terraços.

Entre os rios Gramame, Mamuaba e Mumbaba, ocorrem áreas de intensa dissecação, com elevado grau de retalhamento, advindo dos processos acentuados de erosão, interferência cada vez mais evidente no modelado.

Os vales tornam-se mais encaixados próximo às cabeceiras dos rios, atenuando-se a medida que alcança o curso médio, com encostas suavizadas, caracterizando vales em forma de “V” aberto (Figura 3.3 - Carta Geomorfológica).

## FIGURA 3.3 – Carta Geomorfológica



### **3.4 – Pedologia**

#### **3.4.1 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média.**

Esta classe compreende solos com horizonte B latossólico (tal como foi definido por Bennema, J. e Camargo, M. N.(1964), não hidromórfico, com baixa soma de bases trocáveis (valor S) e capacidade de troca de cátions (valor T), apresentando saturação de bases (valor V%) sempre baixa, inferior a 35% no horizonte B<sub>2</sub> e textura média (teor da argila no horizonte B entre 15 e 35%).

São solos muito profundos, muito porosos, acentuadamente ou fortemente drenados, friáveis ou muito friáveis e têm como importante característica, a ausência de cerosidade, devido à pequena mobilidade da fração argila. São extremamente intemperizados, com predomínio de sesquióxidos e argilas do grupo 1:1 (normalmente caulinita) na fração mineral coloidal. Apresentam horizonte A fraco ou moderado.

Estes solos ocorrem na metade sul da Zona Úmida Costeira, associados com outras unidades, desenvolvidos sobre sedimentos do grupo Barreiras.

Predomina nas áreas de ocorrência destes solos, relevo plano, com altitudes entre 40 e 50 m da Zona Úmida Costeira.

Estes solos ocorrem sob vegetação de cerrado e com menos frequência sob floresta subperenifólia. São também comuns nas áreas cobertas por formações de transição entre floresta subperenifólia e cerrado.

Na bacia Gramame/Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

LVd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia/ cerrado, relevo plano.

#### **3.4.2. - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO orto**

Esta unidade é constituída por solos em horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, ou seja, valor T (capacidade de troca de cátions) para 100 g/argila, após correção para carbono, menor que 24 me/100 g. São solos ácidos, de baixa saturação de

bases, saturação com alumínio geralmente superior a 50% e que apresentam no horizonte B<sub>t</sub> películas de materiais coloidais (cerosidade) revestindo os elementos estruturais.

Apresentam perfis profundos, com espessura variando de 150 a 250 cm e bem diferenciados. Estes solos apresentam baixa fertilidade natural, são moderadamente a bem drenados, desenvolvidos a partir de rochas do Pré-Cambriano (CD). Na área da bacia, estes solos apresentam normalmente, um processo erosivo do tipo laminar de grau moderado.

Os resquícios de vegetação que ainda ocorrem sobre estes solos, relaciona-se com floresta subperenifólia.

Na bacia hidrográfica do Rio Gramame, esta classe taxonômica, foi mapeada e definida por cinco unidades de mapeamento:

PV1 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb, abrúptico, com fragipan, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.

PV2 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb, abrúptico, plínthico, com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb, com fragipan, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia, relevo suave ondulado.

PV3 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb, variação acinzentada, com fragipan, com A moderado, textura argilosa + PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado, de relevo plano.

PV4 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb, latossólico, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia/ cerrado, relevo Plano + PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado e relevo plano.

PV5 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO ÁLICO Tb, variação acinzentada, abrúptico, com fragipan, com A moderado, textura média + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb, com fragipan, com A moderado, textura média + PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado de relevo plano.

### **3.4.3 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO**

São solos com horizonte B textural não hidromórfico, argila de atividade baixa, ou seja capacidade de troca de cátions, menor que 24 mE/100g de argila (após correção do carbono). Estes solos diferenciam-se da classe Podzólico Vermelho Amarelo orto, essencialmente por apresentar saturação de bases (valor “V”%) acima de 35% no horizonte “B2t”. Estes solos apresentam baixa saturação com alumínio.

Na bacia Gramame/Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada e definida por três unidades de mapeamento:

PE1 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.

PE2 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado.

PE3 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado, substrato gnaisse e granito.

### **3.4.4 - PODZOL HIDROMÓRFICO**

Esta classe compreendendo solos minerais, podendo ser hidromórficos ou não, caracterizado com por um horizonte “B” podzol (spodic horizon), do tipo iluvial, apresentando acumulação de carbono orgânico e/ou sesquióxidos livres (principalmente ferro), precedido de um horizonte “E” alvíco.

São solos muito arenosos, bem diferenciados, profundos, ácidos, com saturação de bases muito baixa e alta saturação com alumínio.

Estes solos são desenvolvidos sobre sedimentos arenosos do Grupo Barreiras, referidos ao Terciário e sobre sedimentos arenosos quartzosos marinhos da Baixada Litorânea, referidas ao Holoceno. Em ambos os casos o relevo geralmente é plano ou com pequenas ondulações e depressões, havendo sobre os Baixos Platôs Costeiros ocorrência de relevo

suave ondulado. As altitudes variam de 5 m, na planície litorânea, a 80 ou 100 m, nos Baixos Platôs Costeiros mais afastados do litoral.

As formações vegetais encontradas freqüentemente sobre estes solos são cerrados arbóreo-arbustivos, campos de restinga e floresta perenifólia de restinga.

Na bacia Gramame/Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

HP1 - PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado de relevo plano.

HP2 - Associação de PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado, relevo plano + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO, com A moderado, textura média, fase cerrado, relevo plano.

### **3.4.5 - SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUES textura indiscriminada**

Esta unidade compreende solos predominantemente halomórficos, indiscriminados, alagados, que distribuem-se nas partes baixas da orla marítima sob influência das marés e com vegetação denominada mangues ou manguezais. Engloba SOLONCHAKS, SOLOS GLEY THIMÓRFICOS ou SOLOS ÁCIDOS SULFATADOS e outros.

Os SOLONCHAKS são solos halomórficos (alagados no caso) com altos teores em sais (de sódio, magnésio, cálcio e outros), pouco ou não diferenciados, que apresentam normalmente, um horizonte sálico. SOLOS GLEY THIMÓRFICOS apresentam horizontes gley e contém sulfatos e/ou enxofre elementar em teores suficientemente elevados para causar grande acidificação quando oxidados (após serem drenados), tornando o pH dos solos extremamente baixo.

São portanto solos gleizados, não ou muito pouco desenvolvidos, muito mal drenados com alto conteúdo em sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre que se formam nestas áreas sedimentares baixas e alagadas.

Geralmente estes solos, não possuem diferenciação de horizontes, exceto nas áreas marginais, onde verifica-se o desenvolvimento de um horizonte “A<sub>1</sub>”, apresentando classes texturais que podem variar desde argilosa até arenosa.

Na bacia hidrográfica do Rio Gramame, esta classe taxonômica, foi mapeada e definida por um unidade de mapeamento:

SM - SOLOS DE MANGUE, textura indiscriminada, fase relevo plano.

#### **3.4.6 - SOLOS GLEY DISTRÓFICOS INDISCRIMINADOS textura indiscriminada.**

São solos hidromórficos gleizados, com baixa saturação de bases, com texturas variando desde arenosa até argilosa, formados em terrenos baixos, com grande influência do lençol freático durante todo o ano ou pelo menos durante um longo período, em decorrência do relevo que condiciona má drenagem. Sob estas condições, forma-se um solo caracterizado por um horizonte subsuperficial de coloração acinzentada (horizonte gley), em virtude da redução do ferro que se processa em meio anaeróbico, devido ao encharcamento do terreno. Normalmente este horizonte se apresenta mosqueado. Além do horizonte gley, pode-se formar um horizonte superficial espesso, muito escuro ou mesmo preto, resultante da acumulação de matéria orgânica proveniente da decomposição.

Esta unidade compreende principalmente GLEY POUCO HÚMICO e GLEY HÚMICO. Estas duas classes tem como diferença essencial o horizonte superficial. Ambas compreendem solos hidromórficos com horizonte gley, porém o GLEY HÚMICO apresenta um horizonte A bastante espesso (normalmente 30 a 60 cm de espessura) de cor preta e com alto conteúdo de matéria orgânica, enquanto que o GLEY POUCO HÚMICO possui um horizonte A pouco espesso (10 - 30 cm de espessura) com menos teores de matéria orgânica e geralmente de coloração menos escura.

Os SOLOS GLEY DISTRÓFICOS INDISCRIMINADOS textura indiscriminada, são ácidos ou muito ácidos, muito mal drenados e, geralmente, pouco profundos (lençol freático próximo ou à superfície). Desenvolvem-se a partir de sedimentos argilosos, argilo-arenosos ou arenosos, não consolidados, recentes, referidos ao Holoceno. Estes sedimentos aluviais, ou colúvio-aluviais, precedentes de regiões à montante das baixadas que se depositam, formam camadas mais ou menos estratificadas, podendo ser de natureza e granulometria diferentes, conforme o material que lhes deu origem, e dispostos sem seqüência definida.

As características destes solos variam bastante, principalmente em decorrência da diversidade dos sedimentos que contribuem para a formação dos mesmos.

Na bacia Gramame/Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

HGd - Associação de SOLOS GLEY DISTRÓFICOS INDISCRIMINADOS, textura indiscriminada, fase campos de várzea e floresta perenifólia de várzea, relevo plano + SOLOS ORGÂNICOS INDISCRIMINADOS, textura indiscriminadas, fase campos de várzea, relevo plano.

#### **3.4.7 - SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada.**

Esta unidade é constituída por solos pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais, que apresentam apenas um horizonte superficial - A ou A<sub>P</sub> - diferenciado, ao qual seguem-se camadas estratificadas (IIC, IIIC, IVC, ...), sem relação genética entre si, normalmente. Há casos em que pode-se verificar o início de formação de um horizonte B.

Possuem argila de atividade alta, saturação com alumínio praticamente inexistente e alta saturação de bases.

São solos de fertilidade natural alta, pouco profundos ou profundos, moderadamente ácidos e/ou moderadamente alcalinos nas camadas inferiores, sem problemas de erosão, apresentando drenagem moderada ou imperfeita.

As áreas de ocorrência desta unidade são referidas ao Holoceno. O material originário é constituído por sedimentos aluviais ou colúvio - aluviais, não consolidados, de natureza variada, formando camadas estratificadas, sobrepostas, sem disposição preferencial de estratos.

Ocupam normalmente as partes de cotas mais baixas da região onde ocorrem, em relevo plano ou com ondulações muito suaves. As declividades variam de 0 a 3%. Os solos aluviais mapeados na Baixada Litorânea tem altitudes em torno de 10 metros.

Na bacia hidrográfica do Rio Gramame esta unidade ocorre com a seguinte denominação :

Na bacia Gramame/Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

Ae - ALUVISSOLOS EUTRÓFICOS Ta, textura indiscriminada, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

#### **3.4.8 - SOLOS ARENO-QUARTZOSOS**

Esta unidade compreende solos areno-quartzosos, profundos, com baixos teores de argila, menos de 15% dentro de uma faixa de 2 metros. São normalmente ácidos, com baixa saturação de bases (valor V%) e alta saturação com alumínio trocável. Apresenta baixa fertilidade natural, são excessivamente drenados e apresentam um horizonte “A” fracamente desenvolvido. Podem apresentar sérios problemas de erosão eólica nas zonas de maior exposição à ação dos ventos.

Na bacia Gramame/Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

AMd - AREIAS QUARTZOSAS MARINHAS DISTRÓFICAS, fase relevo suave ondulado e ondulado.

O agrupamento dos solos, distribuídos ao longo da bacia do Gramame/Mamuaba, estão sistematizados dentro de um conceito de fisiográfico, organizados em ordem hierárquica, onde o relevo é fator de primeira ordem, sequenciado pela vegetação, enfatizando o caráter informativo do fator climático da região dominante, como também do aspecto tipológico de cobertura vegetal. Nesta sequência hierárquica, são ordenados os solos dominantes, independentemente de sua evolução pedogenética ou mesmo do grau de fertilidade.

A sistematização fisiográfica e disposição dos solos, pode ser verificada na tabela 3.2 - Legenda Fisiográfica.

A distribuição e percentual de ocorrência dos solos dominantes na bacia, foram quantificados e classificados, segundo as unidades taxonômicas, ordenadas de formar crescente de acordo com importância dos solos, conforme se observa na Tabela 3.3.

Especialmente os solos ocorrentes na bacia do Gramame/Mamuaba, podem ser observados na Figura. 3.4 – Carta de Solos.

A capacidade de armazenamento de água de um solo é fator decisivo para o desenvolvimento agrícola de uma região, principalmente se esta passa por problemas críticos de estiagem, configurado pela escassez das precipitações. Este aspecto limitante é significativo, quando os solos pela sua natureza pedogenética, são relativamente pobres em seu complexo sortivo, e em suas características físicas, destacando-se uma granulometria arenosa.

Tabela 3.2 - LEGENDA FISIAGRÁFICA DE SOLOS

<b>Relevo Plano</b>
<b>Campos de Várzea</b>
<b>HGd</b> – Solos Gley Distróficos textura indiscriminada.
<b>Floresta Perenifólia</b>
<b>SM</b> – Solos de Mangue textura indiscriminada.
<b>Ae</b> – Aluvissolos Eutróficos Ta textura indiscriminada.
<b>Floresta subperenifólia</b>
<b>LVd</b> – Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura média.
<b>PV4</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Tb latossólico A moderado textura média + Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura média + Podzol Hidromórfico
<b>Floresta subcaducifólia</b>
<b>PV1</b> - Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb abrupto com fragipan A proeminente textura argilosa.
<b>Cerrado</b>
<b>PV3</b> - Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb acinzentado com fragipan A moderado textura argilosa + Podzol Hidromórfico
<b>PV5</b> - Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb acinzentado abrupto com fragipan A moderado textura média + Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Tb com fragipan A moderado textura média + Podzol Hidromórfico.
<b>HP1</b> – Podzol Hidromórfico
<b>HP2</b> – Podzol Hidromórfico + Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura média
<b>Relevo Suave Ondulado</b>
<b>Floresta Perenifólia</b>
<b>AMd</b> – Areias Quartzosas Marinhas Distróficas.
<b>Floresta subcaducifólia</b>
<b>PE1</b> - Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb A proeminente textura argilosa.
<b>Relevo Ondulado</b>
<b>Floresta subperenifólia</b>
<b>PV2</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb abrupto plântico A moderado textura argilosa. + Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Ta com fragipan A moderado textura média
<b>Floresta subcaducifólia</b>
<b>PE2</b> - Podzólico Vermelho Amarelo Tb A proeminente textura argilosa.
<b>PE3</b> - Podzólico Vermelho Amarelo Tb A proeminente textura argilosa substrato gnaisse e granito.



Tabela 3.3 – Extensão e Distribuição Percentual dos Solos

<b>Unidade Cartográfica / Classe Taxonômica</b>	<b>Área ( ha )</b>	<b>(%)</b>
<b>LVd</b> – Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura média	20,2	0,35
<b>PV1</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb abruptico com fragipan A proeminente textura argilosa.	170,7	2,90
<b>PV2</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb abruptico plântico A moderado textura argilosa	1302,2	22,10
<b>PV3</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb acinzentado com fragipan A moderado textura argilosa	94,1	1,60
<b>PV4</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Tb latossólico A moderado textura média + Latossolo	759,8	12,90
<b>PV5</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb acinzentado abruptico com fragipan A moderado textura média	920,0	15,62
<b>PE1</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Álico Tb A proeminente textura argilosa	110,1	1,86
<b>PE2</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Tb A proeminente textura argilosa	18,3	0,31
<b>PE3</b> – Podzólico Vermelho Amarelo Tb A proeminente textura argilosa substrato gnaiss e granito	373,8	6,35
<b>SM</b> – Solos de Mangue textura indiscriminada	81,3	1,39
<b>HGd</b> – Solos Gley Distróficos textura indiscriminada	94,9	1,61
<b>HP1</b> – Podzol Hidromórfico	106,4	1,80
<b>HP2</b> – Podzol Hidromórfico + Latossolo	887,5	15,06
<b>Ae</b> – Aluvissolos Eutróficos Ta textura indiscriminada	16,6	0,28
<b>AMd</b> – Areias Quartzosas Marinhas Distróficas	2,5	0,04
Espelho D'água (Superfície Líquida)	932,6	15,83
<b>Total</b>	<b>5.891,0</b>	<b>100,0</b>

## Figura 3.4 – Carta de Solos

Estas características imprimem as condições da capacidade de água disponível nos solos, observadas na Tabela 3.4 – Capacidade de Água.

Tabela 3.4 - Capacidade de Água Disponível por Classe de Solo –Gramame/Mamuaba

Classes de Solos	Prof.(m)	CC	PM	D. ap.	C. Vol. (m3/ha)	C(mm)	Área(ha)
LV – Textura média	2,00	8,60	5,40	1,43	915	9,1	20,2
PV – Textura média	1,70	8,46	5,43	1,29	664	6,6	1680,1
PV – Textura argilosa	1,85	15,68	11,16	1,73	1.446	14,5	1567,0
PE – Textura argilosa	2,10	16,28	5,25	1,54	3.567	35,7	502,2
Ae –Text.Méd./arg./aren.	1,50	25,73	9,14	1,32	3.284	32,8	16,6
AMd – AreiasQuartzosas	2,50	4,0	1,0	1,65	1.237	12,4	2,5
HP – Podzol	1,20	4,0	1,0	1,65	594	5,9	993,9
<b>HGd- Solos Gley *</b>	1,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,9
<b>SM – Solos de Mangue*</b>	2,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81,3

**Obs.** Os solos estão agrupados por classes texturais

(\*) Solos em regime de lençol freático permanente, o mesmo podendo ocorrer com os solos Aluviais.

### 3.5 - Potencial de Erosão dos Solos

Os ambientes litológicos ocorrentes, proporcionam uma formação diversificada dos solos da bacia. A evolução pedogenética permite diferenciar diversas classes de solos, destacando-se: Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico com fragipan Tb textura média; Podzol Hidromórfico; Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico textura média; Aluvissolos Eutróficos; Areias Quartzosas Marinhas Distróficas e Solos Indiscriminados de Mangues.

Especialmente, os solos que ocorrem no contexto da bacia hidrográfica, estão distribuídos na seguinte disposição. No alto curso dos rios Gramame e Mamuaba, onde as declividades são mais acentuadas, ocorrem os Latossolos e Podzólicos. No curso médio se destacam também os declives, porém com encostas menos acentuadas, nestas vertentes dominam os Podzóis e Podzólicos. No baixo curso, ocorrem os Podzólicos, estes com

declives semelhantes as posições anteriores, porém com vertentes suavizadas. Nas zonas de acumulação ocorrem os Aluvissolos, Areias Quartzosas e Solos de Manguê.

### **3.5.1 - Susceptibilidade à erosão**

A susceptibilidade à erosão está na dependência de fatores climatológicos, especificamente quanto ao aspecto de intensidade e distribuição das chuvas, seguido de topografia e comprimento dos declives, micro-relevo e de outros fatores de solo, como permeabilidade, capacidade de retenção de umidade, presença ou ausência de camadas endurecidas ou compactadas, coerência do material do solo, superfícies de deslizamento, presença de pedras superficiais e cobertura vegetal. Esta última pode atuar como elementos de proteção aos processos erosivos.

Na bacia do Rio Gramame, os Podzólicos e Latossolos inserem-se nas classes de solos mais susceptíveis à erosão, seguidos dos Podzóis e Areias Quartzosas. Neste nível de susceptibilidade não se enquadram os Aluvissolos e Solos de Manguê, por situarem-se em posição geomorfológica de caráter deposicional.

Além dos fatores e características dos solos, o sistema de manejo e uso, praticado ainda de forma rudimentar, como cultivo de morro abaixo, queimadas, não sistematização de cultivos em curvas de nível, banquetas e outros meios de conservação de solos, proporcionam maior susceptibilidade aos solos.

O grau de susceptibilidade à erosão, para determinada classe de solo, é facilmente determinado nos locais onde os solos são utilizados para agricultura, sem medidas preventivas contra erosão, o que acontece praticamente em toda a bacia.

Os processos de erosão, no alto e médio curso dos rios Gramame e Mamuaba, são notáveis e evidenciados, induzidos por um processo de exploração agrícola primitivo e pouco desenvolvido.

## **3.6 – Capacidade de Uso das Terras**

O estudo da capacidade de uso da terra decorreu da análise dos dados existentes nos levantamentos de solos, elaborados pela GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA (1978) e SUDENE (1972).

A capacidade de uso avalia as possibilidades e limitações que os solos apresentam para exploração, não apresentando danos de maior relevância para o empobrecimento e desgaste, com cultivos anuais, perenes, pastagens, reflorestamentos e vida silvestre.

Na avaliação da capacidade de uso da bacia, foram definidas seis classes, inseridas em três grupos:

**Grupo A** - Terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, comportando as classes II a IV.

**Grupo B** - Terras impróprias para cultivos intensivos mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, porém cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo, compreende as classes V a VII.

**Grupo C** - Terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamentos, porém apropriados para proteção da flora e fauna, recreação ou armazenamento de água, compreendendo a classe VIII.

Na bacia do Gramame/Mamuaba, os solos dominantes comportam as seguintes classes de capacidade de uso; Classe II, III, IV, V, VII e VIII. (Figura. 3.5 – Carta de Capacidade de Uso)

### 3.7 – Aptidão Agrícola das Terras

Os solos destinados ao crescimento das formas organizadas de associações vegetais, são aqueles que apresentam alta fertilidade natural, não apresentando deficiências de água e oxigênio, não susceptíveis à erosão e não apresentam impedimentos ao uso de implementos agrícolas. São portanto as terras de maior potencialidade.

Os critérios adotados na definição da aptidão agrícola das terras da bacia, foi com base no Zoneamento Agropecuário da Paraíba (1978). Neste estudo considerou-se as exigências pedoclimáticas das culturas, tomando como parâmetros as características dos solos e do clima. Estes critérios permitiram estabelecer quatro classes de aptidão: Apta, Apta com restrição, Restrita e Inapta.

Apta – São aquelas, cuja aptidão, reúne os aspectos climáticos e edáficos, que em conjunto, permitem o pleno desenvolvimento das culturas, possibilitando cultivos comerciais.

Apta com restrições – São aquelas que as condições climáticas e/ou edáficas apresentam aptidão com limitações moderadas à atividade agrícola, com razoável desempenho econômico.

## Figura. 3.5 – Carta de Capacidade de Uso)

Restritas – Refere-se a classe em que as condições climáticas e/ou edáficas, condicionam um certo grau de restrições com limitações fortes à atividade desenvolvida, sendo seu desempenho econômico bastante comprometido.

Inapta – Correspondem àquelas em que os fatores limitantes climáticos e/ou edáficos restringem por completo, qualquer desenvolvimento de forma técnica e consequentemente econômica de atividade desenvolvida.

### **3.8 – Classes de Terras para a Irrigação**

A classificação das terras obedeceu às diretrizes do “Bureau of Reclamation” U.S. BUREAU, (1953, 1982) e FAO (1979), com devidas adaptações às condições dos solos da região Nordeste.

O Bureau of Reclamation estabelece quatro classes principais no estudo de terras para irrigação. Estas classes têm por base a economia de produção e o desenvolvimento da terra, desde que o potencial produtivo e a capacidade de reembolso das terras, variem, seja por condições intrínsecas do solo, tais como textura, profundidade, fertilidade, drenabilidade, etc., seja por fatores extrínsecos (relevo, altitude) ou ainda situação geográfica.

Caracteriza-se ainda uma classe provisória denominada classe 5 e uma classe que identifica terras não aráveis ou irrigáveis, a classe 6. As classes identificadas são descritas a seguir:

CLASSE 1 - terras altamente apropriadas para irrigação, capazes de altos rendimentos com vários tipos de culturas; solos profundos e com textura variando de média a pesada, de boa fertilidade e livre de sais solúveis ou álcalis. As condições topográficas e do próprio solo inferem um baixo custo de desenvolvimento, sem riscos de erosão.

CLASSE 2 - terras com mais baixa capacidade de produção do que as da Classe 1; corresponde a terras moderadamente aptas para uso com agricultura irrigada, comportando uma menor faixa de tipos culturais. As terras desta classe podem ter uma baixa capacidade de retenção de umidade devido a textura leve, podem apresentar, menor permeabilidade devido a textura pesada ou camada endurecida e ainda salinidade ou superfície topográfica irregular.

CLASSE 3 - terras moderadamente apropriadas para uso com agricultura irrigada, apresentando deficiências mais extremas de solo, topografia ou drenagem, do que as descritas anteriormente, estas podem ser mais severas individualmente ou combinadas (duas ou mais

deficiências). Podem apresentar topografia plana, mas devido às condições de solo, têm uma adaptabilidade mais restrita aos cultivos e requerem práticas de irrigação especiais, bem como uma drenagem mais intensa ou ainda uma necessidade de fertilização e práticas mais intensivas de melhoramento.

CLASSE 4 - (Uso limitado ou especial) - terras que podem ter uma excessiva deficiência específica ou deficiência susceptíveis de correção a alto custo, inferindo uso com pastagem ou pomares. Estas deficiências podem ser drenagem inadequada, excessiva quantidade de sais solúveis, posição topográfica desfavorável, topografia acidentada, etc.

CLASSE 5 - (Provisória) - terras consideradas não aráveis em condições naturais; apresentam entretanto um potencial suficiente para justificar investigações que comprovem ou não uma possibilidade de aproveitamento. A designação da classe é de modo tentativo, podendo após estudos mais detalhados, ascender para classes superiores (classe 4) ou definitivamente para a Classe 6, não utilizável.

CLASSE 6 - terras não aráveis ou irrigáveis, seja por situação natural ou por não compensar economicamente práticas de melhoramento. Terras com solos muito declivosos, acidentados, fortemente erodidos e com excessiva pedregosidade e/ou rochosidade; rasos ou muito rasos, sobre rochas ou camadas endurecidas ou ainda de drenagem difícil, alta concentração de sais solúveis e sódio.

#### Subclasses Básicas

Com exceção da Classe 1, todas as demais admitem subclasses; estas caracterizam-se por deficiência de solo, topografia ou drenagem e são indicadas pelos símbolos “s” (solo), “t” (topografia) e “d” (drenagem).

A interação das deficiências pode ensejar a colocação de terras da Classe 3 e assim por diante, sendo os símbolos colocados logo após as classes.

Um ou dois símbolos para deficiências podem ser usados nas terras de Classe 2. Dentro desta sistematização, no máximo, são usados três símbolos para representar as terras de Classes 3, 4, 5 e 6.

Para a Classe 4, as subclasses caracterizadas são de Uso Especial sendo indicadas pelas letras símbolo P (pastagens), no caso de terras desta classe mais adaptadas ao uso com pastagens, F (fruteiras), A (arroz) e S (irrigação por aspersão), da mesma maneira; as outras



subclasses são apresentadas da mesma forma que para as Classes 2 e 3, ou seja, com os símbolos “s”, “t” e “d”. (Figura 3.6 – Classificação de Terras para Irrigação).

A distribuição das classes de terra, a nível de sub-bacia, podem ser observadas, nas tabelas 3.5 a 3.8 abaixo.

Tabela 3.5 - Terras para irrigação na sub-bacia Gramame

Classe de Terra	Área (ha)	Percentual
Classe 1	0,0	0,0
Classe 2	0,0	0,0
Classe 3	14.576,51	66,7
Classe 4	7.273,49	33,3
<b>Soma</b>	21.850,00	100,0

Tabela 3.6 - Terras para irrigação na sub-bacia Mumbaba

Classe de Terra	Área (ha)	Percentual
Classe 1	0,0	0,0
Classe 2	363,00	2,0
Classe 3	6.456,00	36,4
Classe 4	10.901,00	61,6
<b>SOMA</b>	17.720,00	100,0

Tabela 3.7 - Terras para irrigação na sub-bacia Água Boa

Classe de Terra	Área (ha)	Percentual
Classe 1	0,0	0,0
Classe 2	0,0	0,0
Classe 3	5.052,00	77,3
Classe 4	1.488,00	22,7
<b>Soma</b>	6.540,00	100,0

Tabela 3.8 - Terras para irrigação na sub-bacia Mamauba

Classe de Terra	Área (ha)	Percentual
Classe 1	0,0	0,0
Classe 2	0,0	0,0
Classe 3	0,0	0,0
Classe 4	12.800,00	100,0
<b>Soma</b>	12.800,00	100,0

### 3.9 – Zoneamento Edafoclimático

Com base na aptidão agrícola dos solos, estabelecida em função do potencial edafoclimático da região, foram zoneadas as seguintes culturas, como também o potencial agropecuário e florestal das terras dominantes da bacia.

#### 3.9.1 – Cultura da cana-de-açúcar

A cana de açúcar é uma planta tropical de ciclo longo, altamente influenciada pelas condições climáticas. Segundo CAMARGO (1966), as culturas destinadas à produção de açúcar exigem um período vegetativo com condições hídricas e térmicas satisfatórias, seguido de um período, frio ou seco, no qual se processa o repouso, indispensável à formação de sacarose.

Nesta área, as limitações climáticas decorrentes de um período de seca estacional, é na maioria dos anos mais longo que o requerido, além das características físicas dos solos, que favorecem à insuficiência hídrica. Estas condições, inserem a cultura da cana-de-açúcar na classe de aptidão agrícola Moderada e Restrita (Figura 3.7).

#### 3.9.2 – Cultura do Milho

( Figura. 3.6 – Classificação de Terras para Irrigação).

O milho é uma gramínea originária do continente americano, de ciclo relativamente curto, desenvolvendo-se bem quando a temperatura média no ciclo vegetativo situa-se acima de 19°C. Esta cultura não tolera seca durante a fase de crescimento. O desenvolvimento vegetativo da planta está condicionado ao volume de precipitações, bem como pela distribuição na estação chuvosa, (REIS, 1967).

Como não há limitações térmicas e de solos no contexto desta bacia, as terras apresentam classe de aptidão agrícola Plena para exploração da cultura do milho (Figura 3.8).

### **3.9.3 – Cultura do Abacaxi**

O abacaxi é uma planta nativa da região tropical, sendo cultivada na faixa de latitudes de 25°N e 25°S.

Esta fruta por ser uma bromeliácea, apresenta elevada tolerância à seca, podendo produzir em áreas com 600 mm de chuva anual. O potencial maior de produtividade situa-se entre 1.000 mm e 1.500 mm de chuvas/ano, bem distribuídas.

A temperatura considerada ideal para a cultura está compreendida entre 24 e 30°C, , desde que a amplitude térmica não seja grande.

Na região da bacia as limitações são mínimas, sendo as terras classificadas como de aptidão agrícola Plena e Moderada, para o cultivo da cultura do abacaxi (Figura 3.9).

### **3.9.4 – Cultura do Feijão**

Sendo uma planta de ciclo curto, o feijão é uma das culturas de maior expressão econômica no Brasil, quanto ao aspecto climático. Segundo REIS (1967), a faixa de temperatura média mensal está entre 16°C e 27°C, o que se considera propícia ao feijão. Com referência às precipitações, estas devem ser da ordem de 100 mm mensais, ideal para as fases de desenvolvimento do feijão.

As condições climáticas e de solos, da bacia do Gramame permitem inserir, nas classes de aptidão agrícola Plena e Moderado, a cultura do feijão, exceto na faixa marítima que é Inapta (Figura 3.10).

### **3.9.5 – Cultura do Coco da Baía**

O coco da baía é uma planta perene, eminentemente tropical, que requer temperatura média acima de 22°C e mínima de 18°C e precipitações superiores a 1.200 mm/ano, distribuídos em um período de 100 dias, SUDENE (1973).

As condições climáticas e de solos da bacia, condicionada às exigências hídricas do coco da baía, favorecem o desenvolvimento da cultura, compreendendo à maioria dos solos. Estas terras inserem-se na classe de aptidão agrícola Plena (Figura 3.11).

### **3.9.6 – Pastagens**

A exploração com pastagens, está condicionada as espécies tolerantes às condições climáticas, especialmente quanto ao aspecto de temperatura e precipitação, nas áreas de clima úmido e sub-úmido as gramíneas do tipo *Brachiaria*, e as leguminosas, como *Centrosema*, *Leucena* entre outras. São potencialmente adaptáveis as condições climáticas apresentada pela bacia.

As condições de clima e solos apresentadas pelas terras da bacia, permitem classificá-las como de aptidão agrícola Plena, para o cultivo de pastagens (Figura 3.12).

### **3.9.7 – Cultura do Caju**

De acordo com PARENTE; MACIEL & VALE (1972), o caju, sendo um planta originária da América Tropical é uma planta perene, que exige temperaturas médias entre 22°C e 32°C para seu desenvolvimento e frutificação normal. As precipitações devem ser em torno de 750mm a 1.500mm/ano, neste caso, desde que as condições de solos sejam favoráveis, apresentado boa drenagem, com lençol freático suficientemente profundo. Os critérios enfatizados permitem classificar as terras como de aptidão agrícola Plena, em toda área da bacia (Figura 3.13).

### **3.9.7 – Potencial Agropecuário e Florestal**

A região da bacia Gramame/Mamuaba, tem suas terras enquadradas em classes e variedades de classes, segundo sua Capacidade de Uso. Essa variação de classes permitiu o agrupamento das categorias, indicando o Potencial Agropecuário e Florestal dos solos.

Através do texto visual, seguido da legenda explicativa, é possível obter-se as informações das condições e restrições das unidades mapeadas. Esta carta proporciona uma visão global da vocação das terras, dominantes na bacia, como se pode verificar na figura 3.14.

### FIGURA 3.7 – CULTURA DA CANA DE AÇUCAR

### FIGURA 3.8 – CULTURA DO MILHO



### FIGURA 3.9 – CULTURA DO ABACAXI

### FIGURA 3.10 – CULTURA DO FEIJÃO

FIGURA 3.11 – CULTURA DO COCO DA BAIA

## FIGURA 3.12 - PASTAGENS

### FIGURA 3.13 – CULTURA DO CAJU

### FIGURA 3.14 – POTENCIAL AGRO PECUÁRIO E FLORESTAL

### 3.10 – Referências Bibliográficas

- Alheiros, M.M. e Lima Filho M.F. - "Formação Barreiras"- Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte Centro de Tecnologia da UFPE, Recife, 1991.
- Asmus, H.E e Carvalho, J.C. - Condicionamento Tectônico da Sedimentação nas Bacias Marginais do Nordeste Brasileiro, in Brasil, Projeto Remac, Rio de Janeiro, Petrobrás, 1978.
- Bezerra. M. A.; Almeida, J. C. de; Souza, P. C. de. O Aquífero Beberibe e as Melhores Áreas para a Captação de Água Subterrânea. R.Assoc. Geól. PE, Recife, jul/ago 1971.
- Ebert, H. - Tectônica e Metamorfismo Regional do Escudo Brasileiro. Recife, SUDENE - Div. de Geologia, 1964.
- Kegel, W.A. - A Estrutura Geológica do Nordeste do Brasil. B. DNPM, Div. de Geol. Min. Rio de Janeiro, 1965.
- Mabesoone, J.M.- Observações sobre os Sedimentos do Grupo Barreiras nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. I Simp. de Geologia do Nordeste, Maceió, 1965.
- Oliveira, A.I. de & Leonardos, O.H. Geologia do Brasil, 2ª. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1943.
- Petri, S. e Fúlfaro V.J. - Geologia do Brasil (Fanerozóico). São Paulo: T.A.Queiroz: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Anexos 2 e 6, Abril/1964.
- Schobbenhaus, C. - Geologia do Brasil, Divisão de Geologia e Mineralogia/DNPM, 1984.
- SUDENE - Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - folha 16 - Div. de Reprografia - Recife, 1978.
- Bennema, J. & Camargo, m. n. Esboço parcial da 2ª aproximação dos solos brasileiros. (VI Reunião Técnica de Levantamento de Solos) DPFS. Rio de Janeiro. 1964.
- Camargo, A. P. de. O Clima do Estado de São Paulo e a Cafeicultura. Boletim Nº163. IAC, Campinas, 1966.
- Carvalho, Maria Gelza R. F. de. Estado da Paraíba. Classificação Geomorfológica. Editora Universitária/UFPB. João Pessoa. 72p. 1982.

- Dantas, J. R. A; caúla, J. A. L; Neves, B. B. de B. & Pedrosa, I. L. Mapa Geológico do Estado da Paraíba. Texto Explicativo. CDRM Campina Grande - PB. 133p. 1982.
- GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Anexo de Pedologia. UFPB/ELC/CEPA. João Pessoa. np. 1978.
- 
- \_\_\_\_\_. SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório. UFPB/ELC/CEPA. João Pessoa. np. 1978.
- GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Bacia do Rio do Peixe. UFPB/SCIENTEC Tomo 1 - Volume 1. João Pessoa - Paraíba. 1996
- IBAMA; Diagnóstico do setor florestal do Estado da Paraíba. SAA/SEPLAN/IBAMA. João Pessoa. 84p. 1994
- LepscH, I. F; Bellinazzi, JR. R; BertoliniI, D. & Espindola, C. R. Manual para Levantamento Utilitário de Meio Físico e Classificação de Terras no sistema de Capacidade de Uso. 4ª aproximação. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas - SP. 175p. 1983.
- Lins, J. R. P. & Medeiros, A N Mapeamento da cobertura florestal nativa lenhosa do estado da Paraíba. Projeto PNUD/FAO/IBAMA. João Pessoa. 44p. 1994.
- Nóbrega, F. A. & Lima, J. M. C. de. Importância sócio-econômica dos recursos florestais do Estado da Paraíba. Projeto PNUD/FAO/IBAMA. João Pessoa. 30p. 1994.
- Parente, J. I. G.; Maciel, R. F. P.; Vale, E. D. Do. Cajueiro – Aspectos Econômicos e Agrônômicos. Circular Nº 19. IPEANE. Pernambuco. 1972.
- Reis, A. C. de S. Zoneamento em Bases Climáticas das Principais Plantas Cultivadas em Pernambuco. Div. Doc. SUDENE. Recife. 1967.
- Santos, J. B. dos. & Menino, I. B. Avaliação dos Recursos Naturais do Município de Teixeira na Paraíba. EMEPA-PB. Documentos. Nº 15. João Pessoa. 87 p. 1989.
- Silva, J. A. da. Avaliação do estoque lenhoso - Inventário florestal do Estado da Paraíba. Projeto PNUD/FAO/IBAMA. João Pessoa. 27p. 1994.
- SUDENE. Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba I, Interpretação para uso agrícola dos solos II, Boletim nº 15. MA/SUDENE/DRN. Rio de Janeiro. 476 p.



Veloso, H.P. & Filho, L. G. Fitogeografia Brasileira. Classificação fisionômica - Ecologia da vegetação neotropical. Boletim Técnico. Série Vegetação Nº 1. Radam Brasil/MME. Salvador - Bahia. 85p. 1982.