



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS ANGICOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ISABELLY TATIANE DOS SANTOS SILVA

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES QUE PROVOCAM
EFLORESCÊNCIA NAS CONSTRUÇÕES EM ANGICOS/RN**

ANGICOS-RN

2011

ISABELLY TATIANE DOS SANTOS SILVA

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES QUE PROVOCAM
EFLORESCÊNCIA NAS CONSTRUÇÕES EM ANGICOS/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Angicos para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Joselito Medeiros de
Freitas Cavalcante - UFERSA

ANGICOS

2011

Catálogo na Fonte

Biblioteca Universitária Campus Angicos (BCA-UFERSA)

S586i Silva, Isabelly Tatiane dos Santos.

Identificação dos fatores que provocam eflorescência nas
construções em Angicos/RN /Isabelly Tatiane dos Santos Silva.

– Angicos, RN : UFERSA, 2011.

50f. : il.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Campus Angicos.
Orientador: Prof.º Dr. Joselito Medeiros de Freitas
Cavalcante.

1. Materiais de construção. 2. Eflorescência. 3. Umidade. 4.
Angicos-RN. I. Título.

RN/UFERSA/BCA

CDD 624

Ficha Catalográfica elaborada pelo Bibliotecário-Documentalista
Sale Mário Gaudêncio – CRB15/476

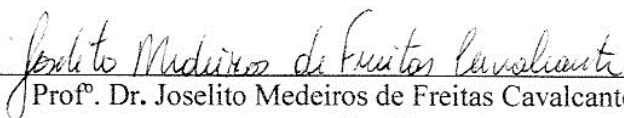
ISABELLY TATIANE DOS SANTOS SILVA

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES QUE PROVOCAM
EFLORESCÊNCIA NAS CONSTRUÇÕES EM ANGICOS/RN**

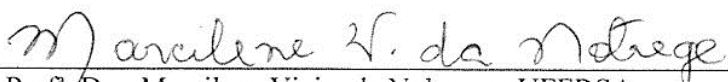
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Angicos para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO: 15/12/2011

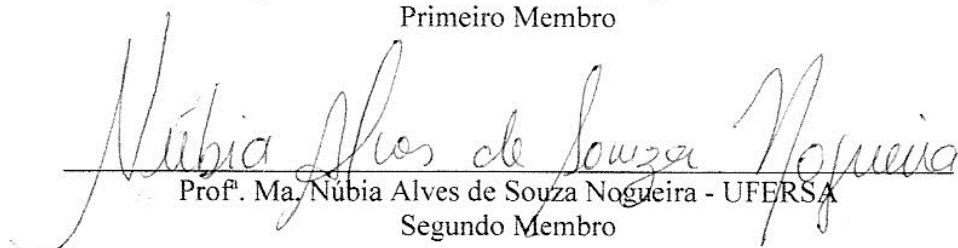
BANCA EXAMINADORA



Prof.º Dr. Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante - UFERSA
Presidente



Prof.ª Dra. Marcilene Vieira da Nobrega - UFERSA
Primeiro Membro



Prof.ª Ma. Núbia Alves de Souza Nogueira - UFERSA
Segundo Membro

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo o amor e dedicação para comigo, por terem sido a peça fundamental para que eu tenha me tornado a pessoa que hoje sou.

A minha família pelo carinho e apoio dedicados em todos os momentos que precisei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades que me foram dadas na vida, não só por ter conhecido pessoas e lugares interessantes, mas também por ter vivido fases difíceis, que foram matérias-primas de aprendizado.

À minha família e namorado pelo acompanhamento e apoio e pela compreensão de que um universitário em fim de curso não tem tempo nem para respirar, que dirá para acompanhar a janta. Também as conversas, interesse e estímulos. Em especial a minha irmã que muito contribuiu para a concretização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante, pelo ensinamento e dedicação dispensados no auxílio a concretização dessa monografia.

Aos meus colegas de faculdade, que me acompanharam por três anos, pela verdadeira amizade que construímos. Citar nomes, aqui, me levaria a uma obrigatória omissão ou esquecimento, portanto fica a mensagem: obrigado por terem crescido comigo, sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa.

A todos os professores do curso de ciência e tecnologia, pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional.

Aos meus amigos, relegados o segundo plano por conta da vida corrida de universitário, mas que nunca deixaram de estar ao meu lado (mesmo que fosse por MSN ou por e-mail), obrigado pelo carinho e pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado.

“O principio criador reside na matemática; a sua certeza é absoluta, enquanto se trata de matemática abstrata, mas diminui na razão direta de sua concretização.”

Albert Einstein

RESUMO

Eflorescência é definida como depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como piso, paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. Basta apenas que a umidade atinja o local para que a eflorescência ocorra, já que nos materiais é de sua natureza conter sais solúveis. Os sais solúveis que dão origem às eflorescências podem ter várias origens, dentre elas as matérias-primas, os materiais de construção, a água existente no subsolo, etc. Assim, este trabalho teve por objetivo a identificação dos fatores que provocam as eflorescências em materiais cerâmicos e não cerâmicos nas construções de Angico/RN. Foram analisadas em laboratório amostras de areia de rio, argila (Massame), pó de pedra (mármore), tijolos e telhas cerâmicas, oriundas da região, efetuando as medidas da condutividade elétrica de seus extratos através da utilização de um condutivímetro. Com base nas análises realizadas em laboratório dos materiais de construção civil coletados em obras na cidade pode-se concluir que os resultados das argilas e dos materiais cerâmicos, não existem uma relação direta entre o grau de eflorescência dos tijolos e os sais contidos nas argilas, bem como entre os teores de sais solúveis das argilas e dos tijolos, o teor de sais solúveis e o aparecimento de eflorescências dos materiais cerâmicos estão intrinsecamente associados às características de processamento de fabricação e armazenamento. Os materiais não cerâmicos em forma de areia, argila (Massame) e pó de pedra de mármore apresentaram uma condutividade menor que as de tijolos e telhas.

Palavras-chaves: Eflorescência. Materiais de construção. Umidade. Angicos – RN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Componentes do ciclo hidrológico.....	15
Figura 2 -	Extração e armazenamento de areia de rio.....	18
Figura 3 -	Armazenamento de Argila (para fabricação de telhas)	18
Figura 4 -	Armazenamento de argila (para fabricação de tijolos)	18
Figura 5 -	Amostra de areia de rio, oriunda de cidades circunvizinhas.....	19
Figura 6 -	Amostra de pó de pedra	19
Figura 7 -	Amostra de Massame	19
Figura 8 -	Materiais cerâmicos (telhas, tijolos de furo e maciço).....	20
Figura 9 -	Degradação na alvenaria – depósitos salinos.....	25
Figura 10 -	Danos causados pela eflorescência.....	26
Figura 11 -	Degradação da alvenaria.....	27
Figura 12 -	Depósitos salinos no Rejunte	28
Figura 13 -	Eflorescência no Casquilho	28
Figura 14 -	Depósitos salinos na Parede	28
Figura 15 -	Eflorescência em Telhas	28
Figura 16 -	Vista aérea da cidade de Angicos.....	29
Figura 17 -	Coletadas cinco amostras de cada material e peneiradas.....	32
Figura 18 -	Pesagem do material (100g).....	32
Figura 19 -	Amostra do material e béquer contendo 100ml de água destilada	32
Figura 20 -	Chapa aquecedora (temp. 60°C)	33
Figura 21 -	Termômetro marcando 60°C	33
Figura 22 -	Leitura do condutivímetro	33
Figura 23 -	a) Água emergindo advinda de fonte desconhecida, b) Manchas esbranquiçadas em parede, c) Eflorescência no casquilho.....	34
Figura 24 -	Danos causados pela umidade e salinidade.....	35
Figura 25 -	Degradação da alvenaria, depósitos salinos.....	35
Figura 26 -	Umidade e aparecimento de eflorescência nas paredes.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Sais comuns em eflorescência	17
Tabela 2 -	Origens da umidade nas construções	22
Tabela 3 -	Condutividade elétrica da Massame	37
Tabela 4 -	Condutividade elétrica do Pó de pedra	37
Tabela 5 -	Condutividade elétrica da Areia de rio.....	38
Tabela 6 -	Condutividade elétrica do Tijolo cerâmico (maciço).....	38
Tabela 7 -	Condutividade elétrica da Telha cerâmica.....	39
Tabela 8 -	Condutividade elétrica do Tijolo cerâmico (de furo).....	39
Tabela 9 -	Condutividade elétrica da Água da rede de abastecimento(1) e Água destilada usada nos ensaios(2).....	40
Tabela 10 -	Média da Condutividade elétrica dos os materiais utilizados na pesquisa.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM -	American Society for Testing and Materials
Desv_pad	Desvio padrão
cm-	Centímetros
g -	Gramas
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ml -	Mililitros
Ohms -	Ômega - Unidade de medida da resistência elétrica
RN -	Rio Grande do Norte
μ S -	microSiemens
°C -	Grau Celcius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	DEFINIÇÃO DE EFLORESCÊNCIA.....	13
2.2	ORIGEM DA EFLORESCÊNCIA.....	13
2.3	SAIS NOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.4	EFEITO DA UMIDADE SOBRE A EFLORESCÊNCIA.....	21
2.5	EFEITOS DANOSOS DA EFLORESCÊNCIA.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	LOCAL DE PESQUISA.....	29
3.2	DETERMINAÇÃO VISUAL DA EFLORESCÊNCIA	29
3.3	DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE POR CONDUTIVIDADE.....	30
3.3.1	Condutivimetria.....	30
3.4	MATERIAIS UTILIZADOS NOS ENSAIOS.....	31
3.5	EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	31
3.6	PROCEDIMENTO DO ENSAIO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1	ANÁLISE VISUAL DA EFLORESCENCIA	34
4.2	RESULTADOS DAS MEDIDAS DE CONDUTIVIDADE	36
4.3	PREVENÇÃO	41
5	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44
	ANEXO.....	46

1 INTRODUÇÃO

Conforme estudos realizados por Suassuna (1996), entre os fatores responsáveis pela salinização, a qualidade da água foi considerado o mais importante. Dessa forma, a Eflorescência, conhecido como “salitre”, provém dos resíduos de sais que uma vez diluídos com água e atravessado o material de construção pelo efeito capilar se recristalizam na superfície das paredes em virtude da evaporação da água no momento em que atinge a superfície.

O aumento na concentração destes sais solúveis existentes na matéria prima está relacionado à demanda evaporativa de água característica do semi-árido de onde são retirados e/ou fabricados os materiais utilizados nas construções, bem como no próprio terreno de construção.

Na teoria parece bem simples compreender o mecanismo de surgimento das eflorescências, mas na prática, é um tanto complexo. Em outras palavras, a solução aquosa forma-se no interior da peça cerâmica pelo contato que há entre a água e os sais solúveis presentes no material. Monteiro (2009) aponta em seus estudos que os sulfatos de cálcio e de magnésio são as impurezas das argilas que, com mais frequência, formam sais.

De acordo com Granato (2005 apud TAGUCHI, 2010, p. 44):

Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, soluveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água da chuva ou do solo, estes sais são dissolvidos e migram para superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos.

É perceptível nas regiões áridas e semiáridas, como grande parte do Nordeste brasileiro apresentar condições climáticas favoráveis a uma elevada salinização do solo. Por esse motivo, o conjunto: sais solúveis e ventos contínuos fazem do Nordeste a região com maiores condições para o surgimento de eflorescências e subeflorescências.

Menezes (2006) afirma que é a escassez de água que obriga os produtores a utilizar-se de poços no processo de fabricação de produtos cerâmicos. Desse modo, esses poços oferecem teor de sais muito superior ao da água do mar.

Como o fenômeno encontra-se sempre acompanhado da presença da umidade, esse trabalho objetiva analisar as características eflorescentes de materiais de construção utilizados

na Cidade de Angicos, a fim de se identificar de qual a origem da maior quantidade de sais e/ou o somatório do teor de salinidade dos mesmos nas construções locais.

Para evidenciar tais afirmações foram necessárias a realização de visitas a algumas residências que apresentam indícios de eflorescência e umidade. A amostra que serve como base da pesquisa se constitui de 25 casas observadas e fotografadas no intuito de identificar os fatores que provocam a eflorescência.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE EFLORESCÊNCIA

De acordo com Santos e Silva Filho (2008), podemos definir “Eflorescência” como “depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como piso (cerâmicos ou não), paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas”.

Santos e Silva Filho (2008, p.7) ainda acrescenta que:

Os depósitos acontecem quando os sais solúveis nos componentes das alvenarias, nas argamassas de emboço, de fixação, de rejuntamento ou nas placas cerâmicas são transportados pela água utilizada na construção, na limpeza ou vinda de infiltrações, através dos poros dos componentes de revestimento. Esses sais em contato com o ar se solidificam, causando depósitos.

Em consonância ao que foi citado, é possível definir quimicamente a eflorescência como sendo constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água da chuva ou do solo, estes sais são dissolvidos e migram para superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos, afirma Grantato (2005).

2.2 ORIGEM DA EFLORESCÊNCIA

Suassuna (1996) em suas pesquisas identificou que entre os fatores responsáveis pela salinização, a qualidade da água foi considerada como sendo a mais importante.

A existência de sais em águas utilizadas na fabricação de alguns materiais de construções da região Nordeste, pode estar relacionada com as características do substrato (natureza e tipo de solo) com o qual elas têm contato.

A partir da literatura estudada sobre a presença de sais no solo WALTER (1968 apud Suassuna 1996), apresenta algumas teorias que expõe as origens desses sais no solo:

Uma das teorias apresentadas por Vieira (2011) em sua pesquisa é a de que o sal de rochas formadas por sedimentação marinha pode ser lixiviado pela água da chuva e

transportado para as depressões. Tendo em vista que os solos que apresentam salinidade são comuns, enquanto que nas regiões áridas com rochas (magmáticas subjacente ou arenito), dificilmente se encontrará algum solo salino.

Outra teoria que o autor defende é a de que a água do mar levemente vaporizada pela força da arrebentação ao longo de costas áridas acontece devido às pequenas gotas secarem e formarem um pó salgado, dessa forma o sal é conduzido para dentro do solo através da chuva. Por outro lado, em algumas regiões úmidas o sal está sendo lixiviado e devolvido ao mar via rios (sal cíclico). Por essa razão a origem dos sais se dá a partir de três aspectos:

- Dissolução ou intemperização (hidrólise hidratação, solução, oxidação e carbonatação);
- Minerais primários existentes nas rochas e no solo (substrato), tornando-os mais solúveis;
- Concentração dos sais pela ação do clima e através do fenômeno do endorreísmo que não facilita a drenagem.

Ainda com relação aos sais podemos acrescentar que eles causam redução na velocidade de infiltração da água no solo. Destaca-se como fator importante da salinização a toxidez de íons específicos (principalmente sódio, cloreto e boro) encontrados no solo ou na água.

Segundo Carvalho e Silva (2006, p. 11) o ciclo da água é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.

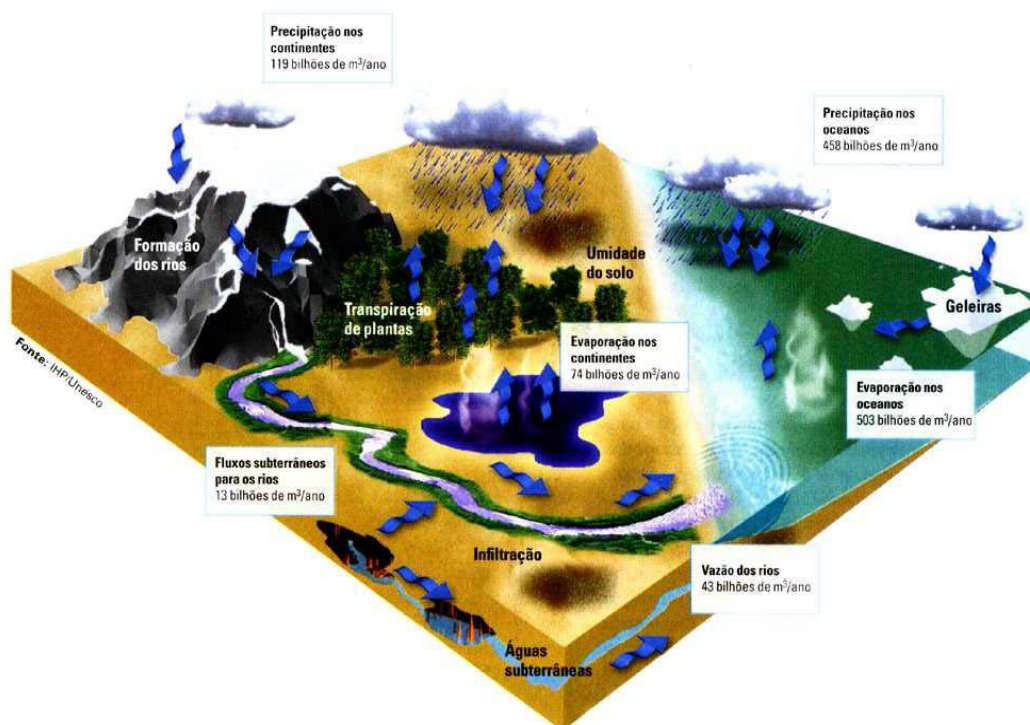
O conceito de ciclo hidrológico (Figura 1) está relacionado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, o gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera.

Nesse sentido, tal movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (**evaporação**), e à gravidade, que faz com que a água condensada se caia (**precipitação**) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (**escoamento superficial**) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (**escoamento subterrâneo**). Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte, na sua queda, pode ser interceptada pela vegetação e volta a evaporar-se.

A água que se infiltra no solo é sujeita a evaporação direta para a atmosfera e é absorvida pela vegetação, que através da transpiração, a devolve à atmosfera. Este processo chamado **evapotranspiração** ocorre no topo da zona não saturada, ou seja, na zona onde os espaços entre as partículas de solo contêm tanto ar como água, como afirma Carvalho e Silva (2006).

A água que continua a infiltrar-se e atinge a zona saturada, entra na circulação subterrânea e contribui para um aumento da água armazenada (**recarga dos aquíferos**).

Figura 1 - Componentes do ciclo hidrológico



Fonte: <http://www.ufrj.br>¹ (2011)

Face ao exposto, podemos inferir com relação ao clima (regime irregular das chuvas etc.) e mais especificamente aos solos que o semiárido nordestino é bastante vulnerável a salinização. Por essa razão, Leprun (1983 apud SUASSUNA, 1996, p.8) afirma que:

¹Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 10. Out. 2011.

A qualidade das águas superficiais no Nordeste brasileiro (composição química e, sobretudo, nível de concentração), está claramente relacionada, de um lado, com a natureza do substrato local, especificamente a natureza da rocha e tipo de solo e, de outro, com o seu modo de jazimento, sendo as águas dos lençóis notadamente mais concentradas do que as de superfície (rios e açudes, ainda que, para estes últimos observa-se uma grande diversidade de comportamento.

Em consonância com o que o autor afirma é possível inferir que o tipo de solo e do subsolo tende a serem os principais fatores que determinam as variações de qualidade das águas dos riachos. Isto implica na fabricação de alguns materiais utilizados nas construções oriundos de solos salinizados e de presença de sais na água.

2.3 SAIS NOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Pode-se considerar que uma das principais causas da eflorescência segundo Menezes (2006) são os sais solúveis facilmente encontrados nas matérias-primas.

Observe na Tabela 01 descrita por Bauer (2001), como são indicados os sais mais comuns em eflorescências, sua solubilidade em água, bem como a fonte provável para seu aparecimento.

Tabela1 - Sais comuns em eflorescência

Composição química	Solubilidade em água	Fonte provável
Carbonato de cálcio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento; Cal não carbonatada.
Carbonato de magnésio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento; Cal não carbonatada.
Carbonato de potássio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Carbonato de sódio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Hidróxido de cálcio	Solúvel	Cal liberada na hidratação do cimento.
Sulfato de cálcio desidratado	Parcialmente solúvel	Hidratação do sulfato de cálcio do tijolo.
Sulfato de magnésio	Solúvel	Tijolo e água de amassamento.
Sulfato de cálcio	Parcialmente solúvel	Tijolo e água de amassamento.
Sulfato de potássio	Muito solúvel	Tijolo, água de amassamento e cimento
Sulfato de sódio	Muito solúvel	Tijolo, água de amassamento e cimento.
Cloreto de cálcio	Muito solúvel	Água de amassamento.
Cloreto de magnésio	Muito solúvel	Água de amassamento.
Nitrato de magnésio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado.
Nitrato de sódio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado.
Nitrato de amônio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado.

Fonte: Bauer (2001).

O aumento na concentração destes sais solúveis existentes na matéria prima está relacionado à evaporativa de água característica do semiárido de onde são retirados (conforme

Figuras 2, 3 e 4) e/ou fabricado os materiais utilizados nas construções, bem como no próprio terreno de construção.

Figura 2 - Extração e armazenamento de areia de rio



Fonte: ovale.com.br² (2011)

Figura 3 - Armazenamento de argila (para fabricação de telhas)



Fonte: ceramicamontezuma.com³ (2011)

Figura 4 - Armazenamento de argila (para fabricação de tijolos)



Fonte: ceramicamontezuma.com (2011)

²Disponível em: <<http://www.ovale.com.br/mobile/regi-o/estado-desenvolve-mapa-da-extrac-o-de-areia-na-regi-o-1.132885>>. Acesso em: 10. Out. 2011.

³Disponível em: <http://www.ceramica.montezuma.com-fabricacao.php?aid=8> . Acesso em: 10. Out. 2011.

Podemos citar alguns materiais de construção vulneráveis aos sais que provocam a eflorescência decorrente da umidade, como por exemplo: areia de rio (Figura 5), pó de pedra (Figura 6), Massame (Figura 7), tijolo maciço e de furo e telha cerâmica (Figura 8) e argamassas.

Figura 5 - Amostra de areia de rio, oriunda de cidades circunvizinhas



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 6 - Amostra de pó de pedra



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 7 - Amostra de Massame



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 8 - Materiais cerâmicos (telhas, tijolos de furo e maciço).



Fonte: ceramicatelhaforte.com⁴(2011)

Vale salientar que todas as camadas podem estar envolvidas nesta patologia, porém a origem está na presença de água ao longo do sistema, decorrente do acesso da umidade através das juntas mal vedadas. Nessa perspectiva, é importante destacar que a argamassa que contém cal em sua composição é muito mais vulnerável à ocorrência de eflorescência, tendo em vista que a eflorescência é menor quando as argamassas não contêm cal aditivada. Desse modo se a argamassa não contém sal, a eflorescência vai ocorrer devido a cal livre dos cimentos.

De acordo com Verduch e Solana (2000) em materiais como tijolos e telhas, estas eflorescências se formam em cru pela intervenção da água como agente mobilizador dos sais, e podem se consolidar e se tornar permanentes por cocção a temperatura elevada.

Face ao exposto, podemos diferenciar três tipos de eflorescências: Eflorescência de Secagem, Eflorescência de Secador e Eflorescência de Forno.

- **Eflorescência de Secagem** – As eflorescências se formam por secagem ao ar livre nas argilas sem moldar. Chamam-se “véus de secagem”. Um exemplo é a película salina que se forma sobre as partes protuberantes de um torrão de argila que seca espontaneamente no campo.
- **Eflorescência de Secador** – Contrariamente ao caso anterior, nas eflorescências de secador a secagem se produz pela ação do ar industrial – possivelmente contaminado - sobre argilas que foram tratadas mecanicamente. Nelas ficaram impressas as características geométricas e texturais impostas pelas máquinas.

⁴Disponível em: <<http://ceramicatelhaforte.com/produtos.htm>>. Acesso em: 10. Out. 2011.

- **Eflorescência de Forno** - As eflorescências de secador, formadas na superfície dos tijolos crus, se consolidam no forno pela ação de diversas reações, se transformam no que denominamos eflorescências de forno.

Por tanto as eflorescências de forno são eflorescências de secador consolidadas, tornadas permanentes pela queima no ambiente e nas condições térmicas específicas de um forno determinado (VERDUCH; SOLANA, 2000).

2.4 EFEITO DA UMIDADE SOBRE A EFLORESCÊNCIA

Quando nos referimos à presença de umidade busca-se compreender como ocorre a eflorescência. Conforme Bauer (1997), manchas, corrosão, bolor, fungos, algas, eflorescências, descoloramento de revestimentos, fissuras e alteração nas colorações são as formas de manifestação da umidade nas edificações e essa água está diretamente ligada ao transporte dos sais.

Em consonância com o autor acima citado, Lersch(2003, p.74) afirma que:

A qualidade do ar é um fator importante a ser considerado em relação ao ambiente externo. A atmosfera é formada por gases, predominando o nitrogênio (78%) e oxigênio (21%) e, em quantidades menores, o vapor d'água, dióxido de carbono e ozônio. Além destes, outros gases são lançados de forma natural como as erupções vulcânicas e artificiais como queima de combustíveis ou processos industriais.

É de fundamental importância que em determinadas situações com ambientes molhados e com algum tipo de sais de difícil secagem, estes depósitos salinos apresentam-se com uma “exsudação” na superfície, aparentando então a cor branca nas áreas revestida.

Segundo Santos e Silva Filho (2008) as placas cerâmicas e a argamassa possuem vazios em seu interior, como cavidades, bolhas, poros abertos e fechados e uma enorme rede de micro canais. A água então pode passar para o seu interior por capilaridade ou mesmo por força do gradiente hidráulico.

A Tabela 2 apresenta as origens da umidade nas construções, que é considerada pelos profissionais como uma das manifestações mais comuns, visto que está diretamente ligada a penetração de água nas edificações. Facilmente encontrada nas construções, a umidade se apresenta como a causadora de danos as construções e graves consequências à estrutura de sustentação de uma obra.

Tabela 2 - Origens da umidade nas construções

Origens	Presente na,
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção da argamassa Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados) Paredes Lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinhas e garagens

Fonte: Adaptada de Klein (1999 apud Souza, 2008)

Por essa razão, podemos afirmar que a umidade além de causar tais prejuízos é também um dos mais difíceis problemas a serem sanados pelos profissionais da área em virtude das medidas preventivas adotadas para impedir o seu surgimento sejam dispendiosas pela complexidade de fenômenos que ela envolve.

Nesse sentido, fica evidente que a umidade surge de diversas causas e pode proporcionar consequências graves. Diante do exposto, esse tema torna-se relevante tendo em vista que ao compreender seu surgimento, podemos aplicar as devidas medidas para prevenir seu aparecimento nas edificações.

Pesquisas recentes têm identificado o surgimento da umidade nas edificações e buscado compreender suas respectivas causas. Desse modo é importante considerar alguns pontos relevantes acerca da decorrência da umidade:

- **Intempéries** - proveniente do agente mais comum: a chuva e considerada como causa mais comum dentre as demais. Isto ocorre quando as águas da chuva se infiltram diretamente na fachada e/ou na cobertura da edificação.

É importante destacar que esse tipo de umidade pode ser inconstante, tendo em vista que seu surgimento depende do volume de chuva, da velocidade e direção dos ventos, da umidade relativa do ar, bem como da qualidade da estrutura da própria edificação, afirma Verçoza (1991 apud Souza, 2008).

- **Infiltração** – decorrente da penetração direta de água no interior das construções através de suas paredes, ocasionando danos aos elementos construtivos da edificação.

- **Condensação** - não é decorrente de água infiltrada, mas sim de água que já se encontra no interior do ambiente e/ou depositada nas superfícies dos elementos de uma edificação.

Dessa forma, podemos inferir que a umidade derivada da condensação é produzida a partir do contato do vapor de água existente no interior de um ambiente (sala, quarto, cozinha, banheiro) com as superfícies mais frias (vidros, metais, paredes) da edificação, formando, desta forma, pequenas gotas de água.

- **Capilaridade** - seu surgimento ocorre nas áreas inferiores das paredes das edificações e por esse motivo é conhecida como a umidade que brota do solo podendo ainda ser classificada como permanente, caso o nível de lençol freático encontre-se muito alto ou sazonal, decorrente de uma variação climática.

Conforme Klein(1999apud Souza, 2008), o surgimento dessa umidade ocorre nos baldrame das construções devido a três importantes aspectos:

As condições do solo úmido em que a estrutura da edificação foi construída; a ausência de obstáculos que impeçam a progressão da umidade e, por último; a utilização de materiais porosos (tijolos, concreto, argamassas, madeiras, blocos cerâmicos) que apresentam canais capilares, permitindo que a água ascenda do solo e penetre no interior das edificações.

Nessa perspectiva segundo Belém (2011) é importante ressaltar que o nível atingido pela água de capilaridade é determinado por diversos fatores, tais como: o diâmetro e a forma dos capilares, a quantidade de água presente no solo, a sua devida limpeza, entre outros.

Mediante concepção de Klein (1999 apud Souza, 2008) em que afirma que parte da chuva cair na superfície, percola na terra e vira água subterrânea. Ao ocorrer essa percolação, a água dissolve as substâncias orgânicas e inorgânicas provocando modificações na qualidade da mesma.

Para escolher qual a qualidade da água a ser utilizada deve-se definir qual será a sua finalidade de uso. De um modo geral, utiliza-se água potável em construções, sendo, portanto, livre de contaminações ou poluições. Porém, há casos de utilização de água de mananciais ou fontes localizadas nas redondezas do canteiro de obras, devendo a qualidade ser testada em laboratório de modo que não se tenha contaminação dos materiais de construção utilizados.

A água utilizada na construção, como um dos constituintes de argamassas e concretos ou simplesmente umedecendo componentes como tijolos, azulejos, etc. faz com que os materiais e componentes da construção fiquem com o teor de umidade superior à umidade higroscópica natural dos mesmos Flauzinoetal.(1988apudBELÉM, 2008).

Belém (2001, p. 125) ainda acrescenta:

A água e a umidade nas edificações são graves problemas que afetam as construções. Elas não só são problemas por si mesmas, permitindo a existência de ambientes úmidos e insalubres, como também servem de veículos para o surgimento de outras patologias que danificam a construção. Por tal motivo, é imprescindível analisar suas causas e buscar aplicar os melhores procedimentos preventivos e/ou de recuperação para garantir o bem-estar e a segurança dos moradores, assim como ampliar a vida útil das edificações.

Nessa perspectiva, tais patologias de umidade são bastante frequentes e possuem enquanto incidências mais comuns, àquelas que são provenientes de água ou de formação de manchas de umidade.

Conforme Bauer (1996) é importante destacar que a incidência de problemas patológicos relacionados à umidade está associada a quatro fatores fundamentais:

- A idade da edificação,
- O clima do lugar,
- Os materiais construtivos empregados;
- As técnicas aplicadas para construir a edificação.

2.5 EFEITOS DANOSOS DA EFLORESCÊNCIA

As Eflorescências podem alterar a aparência da superfície sobre a qual se depositam e em determinados casos seus sais constituintes podem ser agressivos, causando desagregação profunda, afirma Bauer (1996, p. 35). Baseado nessa afirmação observe a Figura 9.

Figura 9 - Degradação na alvenaria – depósitos salinos



Fonte: Autoria própria (2011)

Eflorescências são depósitos salinos que se formam na superfície de materiais cerâmicos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas (SANTOS; SILVA FILHO, 2009). Causando danos estéticos à alvenaria, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Danos causados pela eflorescência.



Fonte: Autoria própria (2011)

Os sais solúveis que dão origem às eflorescências podem ter várias origens, dentre elas as matérias-primas, os materiais de construção, a água existente no subsolo, etc.

Entender como ocorre o processo de eflorescência é um pouco complexo tendo em vista que para o surgimento em materiais cerâmicos, é preciso existir, ao mesmo tempo, a presença de substâncias solúveis, de água e o transporte dessa solução à superfície.

A solução aquosa é formada no interior da peça cerâmica pelo contato entre a água e os sais solúveis presentes no material, ou é oriunda de fontes externas e movimentada de uma parte a outra da estrutura através da rede capilar do material. Os sulfatos de cálcio e de magnésio são as impurezas das argilas que, com mais frequência, formam sais. (MONTEIRO, 2009)

Dessa forma, as condições necessárias para que ocorra a formação desses depósitos em alvenarias e concretos são a coexistência de: água, sais solúveis em água e condições ambientais e de estrutura que proporcionem a percolação e evaporação da água. Vale salientar que se um destes três itens deixa de existir, não é possível a formação de depósitos de sais.

Assim, as eflorescências causam degradação microestrutural apenas nas zonas próximas a superfície, bem como degradação estética no produto cerâmico, paredes pintadas,

pisos e tetos. Os danos na aparência das construções intensificam-se quando há um contraste de cor entre os depósitos de sais e a alvenaria, como. Enquanto que as subflorescências, ilustrados na Figura 11, podem causar sérios danos a durabilidade e resistência das peças, Segundo Menezes (2006),

Figura 11 - Degradação da alvenaria



Fonte: Autoria própria (2011)

Segundo Verçoza (1991 apud BELÉM, 2011) as eflorescências são muito comuns nas paredes de tijolos. A argila que também é utilizado para fabricar tijolos geralmente contém cal, que combinará para formar eflorescências de carbonato ou de sulfato de cálcio.

Nas Figuras (12, 13, 14, e 15) é possível identificar eflorescências em edificações:

Figura 12 – Depósitos salinos no Rejunte



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 13 – Eflorescência no Casquilho



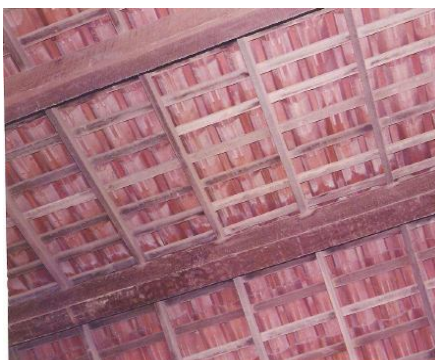
Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 14 – Depósitos salinos na parede



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 15 –Eflorescência em Telhas



Fonte: Monteiro (2009)

Outra consequência da umidade refere-se à deterioração. Esta é resultado da ação constante de água (umidade) sobre os materiais construtivos, bem como sobre as estruturas da edificação reduzindo, assim, a sua vida útil. Portanto, devem-se buscar medidas preventivas para ampliar a qualidade da construção, bem como reduzir os problemas decorrentes das eflorescências.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE PESQUISA

O Município de Angicos/RN está localizado na Zona do Sertão com 109 metros de altitude, à margem esquerda do rio Pataxó ou Angicos, dista, em linha reta, 156 quilômetros da Capital estadual. A área municipal mede 1.072 quilômetros quadrados. O clima é ameno e salubre, apresentando, em graus centígrados, as seguintes temperaturas: média das máximas - 33; média das mínimas - 25; média compensada - 29 (IBGE, 2007). Na Figura 16 pode-se observar em vista aérea a cidade de Angicos – RN.

Figura 16 – Vista aérea da cidade de Angicos – RN.



Fonte:

wikimapia.org⁵ (2005)

3.2 DETERMINAÇÃO VISUAL DA EFLORESCÊNCIA

Para evidenciar a presença de eflorescência nas construções locais fez-se necessária a realização de visitas a algumas residências que apresentam indícios de eflorescência e umidade. A amostra que serve como base da pesquisa se constitui de 25 casas observadas e fotografadas no intuito de verificar a eflorescência.

⁵Disponível em: <<http://wikimapia.org/6026767/pt/Angicos-Rio-Grande-do-Norte-Brasil>>. Acesso em: 10. Out. 2011.

3.3. DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE POR CONDUTIVIDADE

O mais usual é o cálculo da salinidade a partir da condutividade da solução. Como regra geral, quanto maior a concentração de sais em uma solução, melhor é a sua capacidade, para conduzir eletricidade, conforme Lannetta e Colonna (LUCINDA – *Land Care in Desertificationaffected áreas* - vide anexo).

Foram efetuadas as medidas da condutividade elétrica dos extratos de saturação, utilizando para isto um condutivímetro, onde foi adaptada à técnica de condutivimetria para o monitoramento da salinidade presente nos materiais de construção civil em Angicos/RN, foram usadas amostras de: areia de rio, Massame, pó de pedra, tijolos cerâmicos de furo e maciço (comum), telhas cerâmicas e água proveniente da rede de abastecimento da cidade.

Os materiais coletados para as amostras tais como: areia, Massame, pó de pedra e telhas e tijolos cerâmicos são oriundos de cidades circunvizinhas.

O presente estudo é de natureza qualitativa e interpretativa por nos oferecer dados obtidos através experimentos e testes em laboratório nos quais é possível identificar quais dos materiais utilizados nas construções levam para estas a maior quantidade de sais levando em consideração que os testes foram realizados baseados na norma ASTM D – 320, bem como as imagens que nos permitiram analisar os efeitos provocados por esse fenômeno.

3.3.1 Condutivimetria

Uma das aplicações mais comuns da condutivimetria é a determinação da concentração de substâncias iônicas, sendo necessária somente uma curva de calibração que associe a condutividade de soluções conhecidas com a concentração das mesmas.

Para melhor compreendermos o que é Condutividade elétrica recorreremos aos postulados de Lowrie (1997 apud CARDOZO FILHO, 2007) que define como a capacidade de um material conduzir corrente elétrica. Condutividade elétrica ainda pode conforme *American Society for Testing and Materials* (ASTM D 1125-95) ser definida como o inverso da resistência em ohms medida entre as faces opostas de um cubo de 1 cm de uma solução aquosa em uma temperatura especificada.

Ainda conceituando segundo os autores, Corrente elétrica é o movimento de elétrons carregados negativamente ou o movimento dos elétrons em direção ao fluxo de carga elétrica positiva.

Conforme Santos (2003 apud CARDOZO FILHO, 2007), é possível perceber que a condução elétrica é ocasionada pela migração de elétrons (como no caso dos metais) ou íons (como no caso dos líquidos). Vale salientar que há predominância na condução por um ou outro carregador, muito embora, em alguns materiais inorgânicos observa-se a condução elétrica e iônica simultaneamente.

3.4 MATERIAIS UTILIZADOS NOS ENSAIOS

Os materiais de construção civil utilizados no desenvolvimento dessa pesquisa para a realização dos ensaios de condutividade elétrica foram os seguintes: areia de rio, Massame, pó de pedra, tijolos cerâmicos de furo, tijolos cerâmicos maciços, telhas cerâmicas e água proveniente da rede de abastecimento da cidade.

3.5 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Para a realização dos ensaios de condutividade elétrica foram utilizadas peneira, balança de precisão, chapa aquecedora TE-O38, termômetro digital, béquer, condutímetro digital modelo PHTek CD203, água destilada e as amostras dos materiais de construção civil.

3.6 PROCEDIMENTO DO ENSAIO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Para o procedimento dos ensaios de condutividade elétrica, foram coletadas cinco amostras de cada material (Figura 17), como: Areia de rio, Massame, pó de pedra, tijolos cerâmicos de furo e maciço e telhas cerâmicas, materiais como tijolos e telhas foram triturados e peneirados afim que sua granulometria fosse a menor possível para que resultasse em uma melhor diluição. Em seguida pesados 100g de cada amostra em uma balança de precisão como mostra a Figura 18.

Figura 17 - Coletadas cinco amostras de cada material e peneiradas



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 18 - Pesagem do material (100g)



Fonte: Autoria própria (2011)

Posteriormente, como expõe a Figura 19, cada amostra foi diluída em um béquer contendo 100 ml de água destilada e agitada para que a mistura fique a mais homogênea possível.

Figura 19 - Amostra do material e béquer contendo 100ml de água destilada



Fonte: Autoria própria (2011)

Para esses ensaios foi usada uma chapa aquecedora com temperatura em 60°C. O béquer contendo a mistura foi colocado na chapa e a cada instante verificada a temperatura com a ajuda de um termômetro até que seja registrada uma temperatura de 60°C. Em seguida

foi verificada com o auxílio do condutivímetro a leitura da condutividade elétrica dos extratos. Procedimento ilustrado nas Figuras 20, 21 e 22.

Figura 20 - Chapa aquecedora (temp. 60°C)



Fonte: Autoria própria (2011)

Figura 21 - Termômetro marcando 60°C



Figura 22 - Leitura do condutivímetro



Fonte: Autoria própria(2011)**Fonte:** Autoria própria(2011)

Esse procedimento descrito foi realizado para cada amostra de material. Foi verificada em temperatura ambiente(28°C), a condutividade elétrica da água proveniente da rede de abastecimento da cidade.

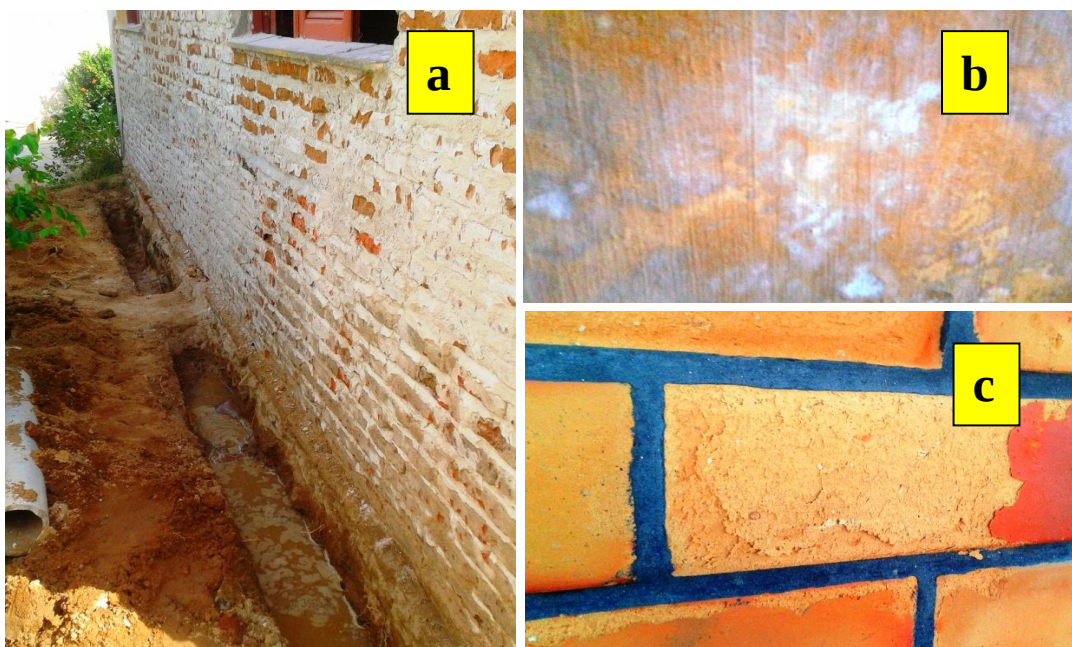
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE VISUAL DA EFLORESCENCIA

No decorrer do estudo serão apresentadas algumas das imagens coletadas durante as visitas, pois como a eflorescência é muito comum nas construções visitadas foram selecionadas as que se destacam pelo grau de salinidade e danos provocados pela umidade, como é possível observar na Figura 23a que apresenta infiltração na base da parede após escavação de 50 cm onde a água emerge advinda de fonte desconhecida.

Em outra visita foi evidenciado danos devido à exposição à chuva e ausência de impermeabilização nos casquilhos como podemos observar na Figura 23c. Manchas esbranquiçadas causadas pela salinidade na Figura 23b. É importante também destacar que em algumas residências foram encontrados algumas camadas de revestimento de gesso nas paredes na tentativa de evitar a eflorescência como demonstra a Figura 24. É notável a presença de depósitos salinos nos rebocos e deterioração nos tijolos cerâmicos apresentados nas Figuras 25 e 26.

Figura 23 – a) água emergindo advinda de fonte desconhecida, b) manchas esbranquiçadas em parede, c) eflorescência no casquilho.



Fonte: Autoria própria

Figura 24 - Danos causados pela umidade e salinidade



Fonte: Autoriaprópria

Figura 25 – Degradação da alvenaria, depósitos salinos



Fonte: Autoriaprópria

Figura 26 – Umidade e aparecimento de eflorescência nas paredes



Fonte: Autoriaprópria

Ao término das visitas, foram selecionadas as fotos que mais apresentam eflorescência e danos causados pela umidade para ilustrar este estudo, levando em consideração que das 25 casas visitadas, a maior partedaas residências de alguma forma apresentou indícios de eflorescência em intensidades diferentes e em condições bem distintas de solo, materiais, água e exposição solar, dentre outros fatores.

4.2 RESULTADOS DAS MEDIDAS DE CONDUTIVIDADE

Os dados obtidos ao final da pesquisa para a identificação dos fatores que provocam eflorescência nas construções em Angicos – RN, através da análise de condutividade dos materiais, estão discriminados nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

A Tabela 3 apresenta a condutividade elétrica das amostras de Massame coletadas em construções civis locais e analisadas em laboratório, pode-se observar que a condutividade

variou de 240 μ S/cm a 350 μ S/cm, dentre todos os materiais analisados, o Massame foi o que apresentou uma condutividade elétrica mais baixa.

Tabela 3 – Condutividade elétrica da Massame

Amostras (100g) Temperatura (60°C)	Condutividade (μ S/cm)
1	240
2	290
3	294
4	350
5	310
	Média= 296,8 Desv_pad= $\pm$ 39,63

Fonte:Autoria própria (2011)

A Tabela 4 apresenta a condutividade elétrica das amostras de pó de pedra oriundas da região e analisadas em laboratório, as amostras registraram uma condutividade maior que o Massame, com extratos variando sua condutividade elétrica de 303 μ S/cm a 415 μ S/cm

Tabela 4 – Condutividade elétrica do Pó de pedra

Amostras(100g) Temperatura (60°C)	Condutividade (μ S/cm)
1	405
2	303
3	415
4	400
5	350
	Média= 374,6 Desv_pad= $\pm$ 47,25

Fonte:Autoria própria (2011)

A Tabela 5 apresenta a condutividade elétrica das amostras de areia de rio coletadas em construções da cidade expondo uma condutividade elétrica acima da já citada anteriormente, com variação de 235 μ S/cm a 695 μ S/cm.

Tabela 5 – Condutividade elétrica da Areia de rio

Amostras (100g) Temperatura (60°C)	Condutividade (μ S/cm)
1	237
2	636
3	695
4	305
5	235
	Média= 421,6
	Desv_pad= $\pm$ 225,39

Fonte:Autoria própria(2011)

A Tabela 6 apresenta a condutividade elétrica das amostras de tijolo cerâmico (maciço), também coletadas em construções da cidade, tais amostras apresentaram uma condutividade variando de 532 μ S/cm a 973 μ S/cm, o tijolo maciço apresentou uma condutividade mais baixa que a do tijolo de furo e da telha.

Tabela 6 – Condutividade elétrica do Tijolo cerâmico (maciço)

Amostras (100g) Temperatura (60°C)	Condutividade (μ S/cm)
1	532
2	973
3	460
4	435
5	482
	Média= 576
	Desv_pad= $\pm$ 224,56

Fonte:Autoria própria(2011)

A Tabela 7 apresenta a condutividade elétrica das amostras de telhas cerâmicas advindas de construções locais fabricadas na região, tais amostras apresentaram uma condutividade elétrica variando de 525 μ S/cm a 780 μ S/cm, com valores estando entre os de tijolos maciços e tijolos de furo.

Tabela 7– Condutividade elétrica da Telha cerâmica

Amostras (100g) Temperatura (60°C)	Condutividade (μ S/cm)
1	615
2	545
3	780
4	525
5	705
	Média= 634
	Desv_pad= $\pm$ 107,84

Fonte:Autoria própria (2011)

A Tabela 8 apresenta a condutividade elétrica das amostras de tijolos cerâmicos (furo) colhidos em construções da cidade que foram trituradas e peneiradas a fim de se obter uma mistura mais homogênea. Os resultados da condutividade elétrica variaram de 694 μ S/cm a 11604 μ S/cm, observando-se assim que esse material foi o que maior apresentou um elevado grau de condutividade dentre todos os materiais analisados no desenvolvimento dessa pesquisa.

Tabela 8 – Condutividade elétrica do Tijolo cerâmico (de furo)

Amostras (100g) Temperatura (60°C)	Condutividade (μ S/cm)
1	1160
2	990
3	760
4	664
5	1020
	Média= 918
	Desv_pad= $\pm$ 202,25

Fonte:Autoria própria (2011)

A Tabela 9 apresenta os resultados da condutividade elétrica nas amostras de água da rede de abastecimento e da água destilada usada nos ensaios. Pode-se observar um valor significativo na condutividade na amostra de água da rede de abastecimento que está associado à elevada salinidade do solo da região, que apresenta lençol freático altamente salino.

Tabela 9 – Condutividade elétrica da Água da rede de abastecimento (1) e Água destilada usada nos ensaios(2)

Amostras (100 ml) Temperatura (28°C)	Condutividade (μS/cm)
1	309
2	146

Fonte: Autoria própria (2011)

A Tabela 10 apresenta a condutividade elétrica média dos extratos de saturação do Massame, dos tijolos e telhas, areia e pó de pedra das amostras de prova analisados em laboratório. Como regra geral, quanto maior a concentração de sais em uma solução, melhor é a sua capacidade, para conduzir eletricidade. Com base nessa afirmação a condutividade elétrica registrada nos extratos foi obtida predefinindo-se que quando maior a condutividade, maior será a concentração de sais solúveis nas amostras de materiais.

Tabela 10 – Média da Condutividade elétrica dos os materiais utilizados na pesquisa

Amostras de materiais (100g) Temp. (60°C)	Média da condutividade(μS/cm)	Desv._pad.
Massame	296,8	± 39,63
Pó de pedra	374,6	± 47,25
Areia de rio	421,6	± 225,39
Tijolo cerâmico (maciço)	576	± 224,36
Telha cerâmica	634	± 107,84
Tijolo cerâmico (de furo)	918	± 202,25
Água da rede de abastecimento(temp. 28°C)	309	

Fonte: Autoria própria (2011)

Com base na condutividade elétrica pode-se observar que a quantidade de sais solúveis em algumas matérias-primas e nos tijolos e telhas foram elevadas, principalmente o tijolo cerâmico de furo onde constatou ser o material que mais contém sais solúveis.

A ocorrência de um elevado teor de sais solúveis presentes nas matérias-primas dar-se devido às precipitações que levam os sais solúveis presentes no solo para o interior de rios e/ou jazidas, relacionado à demanda evaporativa de água característica do semiárido, além disto, durante o processo de manufatura (secagem e queima) pode-se ter um aumento na concentração de sais nos produtos cerâmicos.

Ossais presentes nos produtos cerâmicos podem ser originados durante a manufatura (influência da atmosfera de queima e até mesmo do armazenamento) ou, pelo contrário, podem ser insolubilizados durante a queima ou gerar produtos voláteis quando submetidos a altas temperaturas de queima ou quando se combinam com outras substâncias.

Analisando os dados obtidos para todos os materiais pesquisados verifica-se que os sais estão presentes em todos os materiais utilizados na construção civil, com ênfase no tijolo cerâmico de furo, o que torna a “produção” de um edifício livre de eflorescência praticamente impossível. Como os sais estão nos materiais de construção, o que torna oneroso a retirada dos mesmos só resta uma alternativa para evitar o surgimento da eflorescência: impedir o contato dos sais com a água. Sabendo-se que, esta umidade vem na maioria das vezes, do solo, então uma boa impermeabilização poderia atenuar ou retardar o aparecimento.

4.3 PREVENÇÃO

Conhecer a natureza e os mecanismos da eflorescência, e as possíveis origens dos sais e da umidade, são fundamentais na prevenção da eflorescência.

Conforme dados contidos no site dos arquitetos Forte e Ferraz(2010) em que respondem perguntas dos internautas sobre questões ligadas a construção civil podemos encontrar dicas importantes sobre:

[...] a fundação é do tipo radier (que fica apoiada diretamente no terreno) ou se o contrapiso é feito diretamente sobre o terreno, através de um lastro ou piso armado, devem-se proteger também estas áreas da umidade que vem do solo. Deve-se sempre pensar em como deixar a umidade o mais longe possível de seu piso.

Por essa razão segundo Forte e Ferraz (2010), uma das alternativas para conter a umidade é a de criar um “espaço” entre a terra e o lastro ou contrapiso tendo em vista que é recomendada uma camada de brita sob o piso: a umidade não sobe através das pedras. Nesse sentido, também é possível aplicar mantas ou barreiras de material plástico sob o piso. Vale salientar que deve ser ainda na etapa de construção para garantir ainda mais esse isolamento.

Forte e Ferraz (2010) ainda aconselham que se a casa já está construída e nota-se o aparecimento de umidade nas paredes ou no piso é imprescindível quebrar a base das paredes até a fundação e aplicar produtos impermeabilizantes sob o piso e nas bases das paredes. Por outro lado deve-se ficar atento, pois esse tipo de solução pode variar muito em função da origem do problema - quando identificado.

Nessa perspectiva, pretender-se excluir todos os sais solúveis e toda a umidade do contato com a alvenaria não seria possível, mas a redução de cada um destes fatores que contribuem para eflorescência é altamente praticável e geralmente irá reduzir ou evitar a ocorrência e a severidade desse fenômeno.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo identificar os fatores que provocam eflorescência nas construções em Angicos/RN, onde a salinidade nas construções merece uma atenção maior. E o fenômeno da eflorescência tem ocorrido em muitas residências, basta apenas que haja umidade para que esse fenômeno ocorra, já que nos materiais é corrente conter sais solúveis. Inicialmente o problema pode ser apenas estético, mas depois pode vir a afetar a estrutura.

Com base nas análises realizadas em laboratório dos materiais de construção civil coletados em obras na cidade, pode-se concluir que o tijolo cerâmico de furo foi o que apresentou uma maior condutividade, ou seja, é o material que mais contém sais solúveis. O aparecimento de eflorescências dos materiais cerâmicos está intrinsecamente associado às características de processamento de fabricação e armazenamento.

Os materiais não cerâmicos em forma de areia, Massame e pó de pedra apresentaram uma condutividade menor que as de tijolos e telhas. Além da água da rede de abastecimento usada nas construções que influenciam no aumento do teor de sais solúveis dos materiais.

Fazer o uso de um bom material e tipos de sistemas construtivos, assim como uma boa impermeabilização, podem impedir o aparecimento de patologias da umidade.

REFERÊNCIAS

- BAUER, R.J.F. **Patologia em revestimento de argamassa inorgânica**. In: SIMPÓSIOBRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. **Anais...**Salvador, 1997. p.321-33
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.v. 1
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.v. 2
- BAUER, Roberto J. F. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. São Paulo: Mandarin, 1996.
- BELÉM. José Marcondes de Freitas. **Umidade nas edificações, causas, consequências e medidas preventivas**. 2011. 40 f.Monografia (Tecnólogo em Construção Civil - habilitaçãoem Edifícios) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, CE,2011. Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=tcc_de_jose_marcondes.pdf> Acesso em: 22 set. 2011.
- CARDOSO FILHO, Agnaldo. **Avaliação de propriedades de correntes oleosas da indústria de petróleo via condutivimetria**. 2007. 115f. Dissertação (Mestradoem Engenharia de Processos) - Universidade Tiradentes, Aracaju , 2007. Disponível em: <http://www.firp.ula.ve/archivos/tesis/07_MS_Cardozo.pdf> Acesso em: 15 set 2011.
- CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, ago. 2006.Apostila do curso de graduação em engenharia florestal. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/den/g/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>> Acesso em: 6 nov. 2011.
- FORTE, Fernando; FERRAZ, Rodrigo Marcondes.**Dúvidas e soluções:Como acabar com as infiltrações em casa?**set.2010. Disponível em: <<http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/como-acabar-com-as-infiltracoes-em-casa.jhtm>> Acesso em: 2 out. 2011.
- GRANATO, J. E. **Patologia das fachadas revestidas de cerâmica e granito**.São Paulo: Viapol, 2005. Notas de aula do curso de patologia das construções.
- INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRÁFICO E ESTATÍSTICO. **IBGE Cidades@**. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=240080#>> Acesso em: 20 nov. 2011.

LERSCH, I. M. **Contribuição para identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**, 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MENEZES, R. R. et al. Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão. **Revista Cerâmica**, v. 52, p. 37-49.2006.

MONTEIRO, C. M. O. L. **Influência da gipsita no surgimento de eflorescência em telhas cerâmicas**.2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SANTOS, Pedro Henrique Coelho; SILVA FILHO, Antônio Freitas. **Eflorescência: causas e consequências**. Salvador: [s.n.], 2008.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SUASSUNA, J. **O processo de salinização das águas superficiais e subterrâneas no Nordeste Brasileiro**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1996. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/orig2.html>> Acesso em: 24 out. 2011.

TAGUCHI, Mário Koji. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

VERDUCH, A. Garcia; SOLANA, V. Sanz. Formação de eflorescências na superfície dos tijolos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 5, n. 5, p. 38-46, set./out. 2000. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n05/v5n5_6.pdf> Acesso em: 22 set 2011.

VIEIRA, Gustavo Haddad Souza. **Salinização de solos em áreas com irrigação por superfície**. Januária, MG:CEFET, 2011. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/nb/irrigation/textos/saliniza.htm>> Acesso em: 23 out. 2011.

ANEXO

Salinização

A salinização é um dos processos chave, que pode conduzir à desertificação. É um fenómeno crescente em todo o Mundo e afecta milhões de hectares de solos em toda a Europa.

A agricultura desempenha o papel principal na origem deste fenómeno, causando pelo elevado consumo e degradação química da água, mas é simultaneamente, o sector económico que está a enfrentar os seus maiores impactos.

Aliás os cenários actuais de mudança climática, que sugerem o aumento de temperatura e a subida do nível do mar, podem aumentar significativamente o risco de salinização e resultar na expansão de áreas afectadas.

Salinização

Processos de Salinização

O termo salinização é utilizado para os processos de acumulação de sal no solo. Ocorre especialmente, em áreas áridas e semi-áridas, onde os sais solúveis se precipitam à superfície ou no interior do solo.

Aumentar os níveis de sais nas camadas mais superficiais do solo, pode afectar negativamente o crescimento das plantas ao ponto de as matar, bem como a produtividade. Elevadas concentrações de sais (ex. cloreto de sódio, sulfatos de cálcio e magnésio e bicarbonatos) afectam o crescimento da planta, tanto directamente, através da sua toxicidade, como indirectamente, aumentando o potencial osmótico e baixando a tomada de água radicular. Em climas secos, a acumulação contínua de sais, pode levar à desertificação,

enquanto em climas húmidos ou sub-húmidos pode ocorrer salinização moderada a severa sazonalmente.

A acumulação de sais no solo é o produto final de vários processos diferentes, conduzidos por diferentes causas, que conduzem ao mesmo resultado. Em termos gerais, pode distinguir-se a salinização primária, devido às características naturais do solo, e a salinização secundária, onde as actividades humanas desempenham um papel central.

Basicamente, a salinização acontece onde, dependendo das características do solo e do nível freático, o equilíbrio entre a precipitação ou irrigação e evaporação é deslocado para cima na direcção da evaporação.

Podem identificar-se três processos principais, que podem causar salinização:

- ✓ A subida do nível freático até, ou perto, da superfície: ocorre em terras áridas não irrigadas onde os sais se acumulam por evaporação da água, na superfície do solo;
- ✓ Excessivo uso de água para irrigação em climas secos, com solos pesados, causa a acumulação de sais, porque não são lavados pela precipitação;
- ✓ Intrusão de água salgada: tal ocorre em áreas costeiras, onde a água do mar substitui a água subterrânea que foi sobre explorada.

O primeiro processo ocorre em planícies aluviais ou depressões em regiões semi-áridas, onde os níveis de água subterrânea estão perto da superfície do solo. A capilaridade obriga a água a subir até à superfície, onde evapora, devido à intensa radiação solar, deixando para trás depósitos de sal. Nestes tipos de solo podem observar-se crostas de sal.

O segundo processo ocorre em áreas cultivadas, onde a irrigação está associada com elevados graus de evaporação e uma textura argilosa do solo. Neste contexto a lixiviação dos sais é baixa ou ausente e, os íons de magnésio ou cálcio acumulam-se nas camadas superficiais do solo.

O último processo ocorre em áreas costeiras, onde a extracção excessiva de água, devido a múltiplas procuras, causa um abaixamento do nível freático e a intrusão de água do mar. Em anos recentes, este processo espalhou-se dramaticamente, pelas áreas costeiras Mediterrâneas. Uma salinidade aumentada pela água subterrânea afecta a produtividade das culturas irrigadas e, a médio – longo prazo, contribui para a salinização secundária do solo.

Contudo, a salinização moderada do solo existe até nas áreas irrigadas com água de “boa” qualidade, dependendo dos métodos de irrigação e condições de aridez, enquanto a salinização pode não ocorrer em áreas, onde os agricultores tenham dependido de água rica em sais durante anos. Estes dois exemplos mostram claramente, que em cada área potencialmente afectada pela salinização, existe um equilíbrio diferente e peculiar entre os diferentes factores, que influenciam este processo.

Como medir a salinidade?

Sempre que se recolhe dados ou se lê literatura acerca de salinização, deparamo-nos com as dificuldades de comparar diferentes resultados de investigação ou dados devido ao uso de diferentes formas de medir a salinidade. Os cientistas e técnicos estão habituados a lidar com diferentes unidades de medida, mas para o leigo não é imediatamente óbvio como comparar as diferentes medidas.

A salinidade é uma medida da quantidade de sais dissolvidos na água, é tradicionalmente medida em partes por mil (ppm, ou ‰) ou como Total de Sólidos Dissolvidos (TSD). TSD é a concentração numa solução como o total dos sólidos dissolvidos (1 ppm = 1 miligrama/litro, e ppm = 1 grama/litro).

O mais usual é a salinidade ser calculada a partir da condutividade da solução. Como regra geral, quanto maior a concentração de sais numa solução, melhor é a sua capacidade, para conduzir electricidade. A condutividade eléctrica da água (CEa) é actualmente expressa em unidades como decisiemens por metro (dS/m). A água da chuva, por exemplo, tem uma condutividade de 0.002 dS/m, enquanto a água do mar tem uma condutividade de 50-60 dS/m.

TSD e a condutividade não estão linearmente relacionados, ou as soluções com o mesmo TSD podem ter diferentes CEa dependendo dos diferentes tipos de sais iónicos e sua concentração.

Uma regra geralmente aceite, para converter TSD para condutividade é: TSD (ppm) = condutividade (mS/m) X 0.67.

É comum encontrar outras unidades de medida tais como, mho/cm, ou encontrar submúltiplos tais como mS (milliSiemens) ou µS (microSiemens). A Figura 2, ajuda a evitar confusão. O Siemens é a unidade oficial para a condutividade usada no Sistema Métrico enquanto mho é uma unidade mais antiga utilizada frequentemente na América do Norte.

Áreas afectadas e propensas a salinização

A salinização é uma questão mundial. A avaliação da FAO e UNESCO em 1999, mostra que os solos salinos e sódicos estão disseminados e afectam milhões de hectares de terra por todo o Mundo. Foram produzidas diferentes estimativas que mostram, que uma percentagem significativa dos solos afectados por sal são induzidos por acção humana.

Em 1998, a segunda avaliação ambiental da Agência Europeia do Ambiente relatou que cerca de quatro milhões de hectares de solos Europeus, estavam afectados pela salinização, sobretudo em países Mediterrâneos. Quatro anos mais tarde, na terceira avaliação, a quantidade total de solos afectados atingia cerca de 16 milhões de hectares. Esta nova avaliação, contudo, incluía países, como a Rússia, que não tinham sido considerados no relatório anterior, portanto os dados não são directamente comparáveis. A mesma fonte mostra que na região do Mediterrâneo 25% das terras de cultivo irrigadas, estão afectadas por salinização moderada a elevada.

Outra fonte actualizada de dados é *Europe's Water: an Indicator Based Assessment*, publicado em 2003, onde a intrusão de água salgada é evidenciada em diferentes países Europeus, particularmente Espanha, Itália, Grécia e Turquia.

Os mapas mostram claramente, uma forte ligação entre o índice de exploração da água e as áreas afectadas por salinização. É claro, que muitas das áreas onde ocorreu um intenso processo de litoralização, são as mesmas, que agora enfrentam a salinização.

Relações causa – efeito

Foram propostos vários e distintos indicadores, para medir e controlar a salinização na Europa e saber assim como o processo evolui no tempo e espaço. Nenhum indicador é capaz, só por si, de fornecer informação suficiente acerca do processo. Simultaneamente, tem que se lidar com uma disponibilidade heterogénea de dados, entre países e dentro de países, não se tendo assim ainda, uma imagem clara da situação e sua dinâmica.

Quadro conceptual DPSIR para a salinização	
Forças motrizes	Indústria
	Agricultura
	Turismo
	Habitatões
Pressões	Crescimento de cidades
	Alto consumo de água
Estado	Sobre-exploração aquíferos
	Qualidade, quantidade de água superficial
	Qualidade química do solo, estrutura do solo
	Estado das águas subterrâneas
Impactos	Níveis freáticos
	Intrusão de água salgada
	Salinização do solo
	Baixas colheitas
	Abandono de culturas não tolerantes
	Redução rendimento do agricultor
	Abandono da terra
	Desertificação

Respostas	Fornecimentos alternativos (barragens, canais)
	Restrições ao uso da água
	Regulamentos
	Acordos contrato de água
	Dessalinização
	Melhorias tolerância das colheitas
	Técnicas de poupança de água

Impactos na agricultura

Geralmente, a produtividade não é afectada pelo baixo nível de salinidade, mas uma queda de produtividade é observável, se o limiar específico de cada espécie for ultrapassado. Os cereais são geralmente mais tolerantes que as espécies hortícolas ou árvores de fruto.

O impacto económico da salinização não é fácil de avaliar, devido à relação não linear entre salinização e produtividade. Logo, a salinização pode permanecer sem ser detectada durante anos com níveis moderados de salinidade, enquanto um aumento adicional, pode causar abandono da terra em poucos anos.

Tolerância das colheitas à salinidade

Sensível	Moderadamente tolerante	Tolerante
Feijão	Milho	Cevada
Cebola	Soja	Algodão
Trevo	Tomate	Oliveira
Batata	Aveia	Centelo
Pimenta	Trigo	

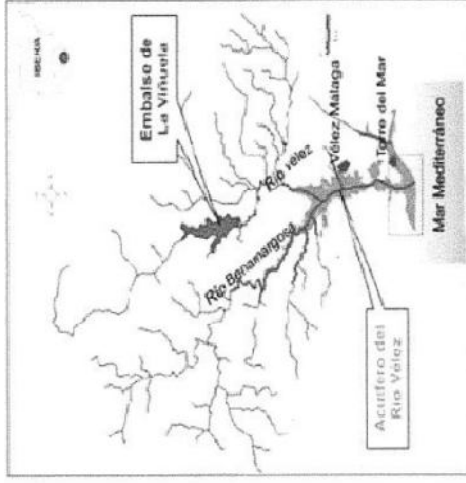
Medidas de mitigação e adaptação

A agricultura desempenha um papel duplo, sendo tanto o primeiro, como o último elemento na cadeia das causas. Por um lado, aumenta a pressão nos recursos solo e da água, mas ao mesmo tempo, por outro lado, tem que lidar e aplicar de estratégias de mitigação e adaptação.

Os agricultores estão a adaptar-se a uma maior condutividade do solo e da água, através de um conjunto de estratégias, que incluem uma melhor escolha de culturas e métodos de cultivo, rotação, métodos de irrigação, armazenamento de água, mescla de águas, reutilização de água e dessalinização.

Estudo de caso em Espanha: O aquífero costeiro do rio Vélez

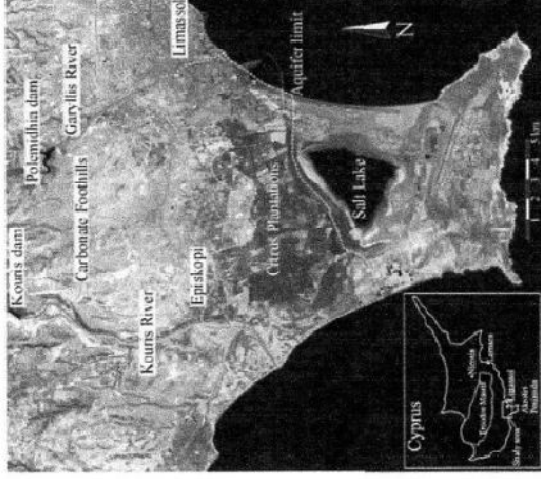
A falta de precipitação na primeira metade dos anos 1990 e o aumento da extração de água subterrânea, levou a uma diminuição considerável dos níveis piezométricos no aquífero. Foi assim registado, um grande avanço da intrusão salina e a falta de água devido a uma seca severa foi agravado pela deterioração da qualidade da água. Nos últimos anos, o reservatório tem fornecido água, tanto para irrigação, como para uso urbano, levando a que a bombagem de água doce do aquífero quase tenha parado. Presentemente, o aquífero não apresenta qualquer evidência de intrusão marinha significativa, mas é necessário um fluxo suficiente da barragem, para manter a descarga subterrânea para o mar e, garantir o controlo a longo prazo deste problema.



Espanha, Aquífero Costeiro do Rio Vélez
Estudo de caso em Chipre: a península de Akrotiri

No início dos anos 90, com uma exploração média de 18 milhões de m³/ano, a salinização de solos irrigados tinha-se tornado alarmante, o que levou os agricultores a modificar as suas práticas agrícolas e a abandonar as culturas nas áreas costeiras e muitos dos poços. Mais tarde, o aquífero foi declarado, área de conservação pelas autoridades, e a exploração foi reduzida a 7 milhões de m³/ano. Actualmente, para permitir a gestão eficiente e sustentável do aquífero apenas é permitida uma extracção limitada. A procura de água, para regar as plantações de citrinos, está dependente de um caríssimo sistema de irrigação, que transporta a água à superfície, desde a barragem do rio Kouris.

Além disso, para mitigar os efeitos adversos da reduzida disponibilidade e deterioração da qualidade da água do aquífero, efectua-se uma recarga artificial, com água da barragem a montante ou de uma estação de tratamento de águas.

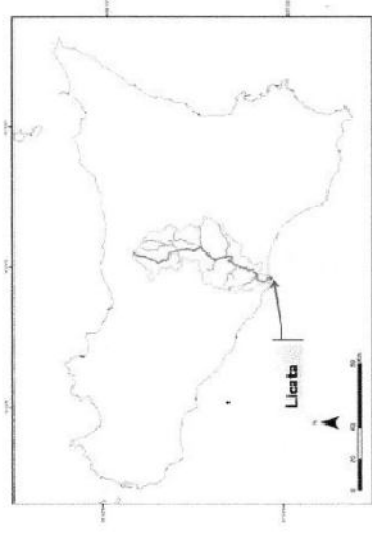


Chipre, a península de Akrotiri
Estudo de caso em Itália: a planície de Licata

A planície de Licata está incluída na bacia do rio Imera, que atravessa a parte central da Sicília onde os solos naturalmente salgados são comuns. Devido a este facto, as águas do rio são salobras, mas só sazonalmente, podem ser utilizadas pelos agricultores para irrigação.

A expansão de estufas, para produzir vegetais de alto valor no mercado nacional, aumentou fortemente a extracção de água subterrânea, desde os anos 60 (mais de 2000 poços, legais e ilegais), tendo-se atingido níveis críticos de salinidade (A CEA média era 5,9 mS/cm). Actualmente a agricultura intensiva é a principal actividade económica na área, enquanto o desenvolvimento turístico que está a ser planeado poderá aumentar o consumo futuro de água. Uma sonda permanente multi-paramétrica sem fios, para recolher dados de condutividade, foi ligada ao Serviço Agrícola de

Extensão de Licata, no âmbito do Projecto RIADE, sobre desertificação. Esta informação é utilizada para alertar os agricultores de situações críticas e, dar-lhes uma possibilidade de adoptarem a melhor solução, para reduzir a salinidade que atinge os seus campos. Misturando águas do rio, chuva e subterrâneas e fazendo uma rotação das culturas, eles são capazes de gerir níveis de salinidade e preservar as actividades agrícolas.



Itália: Sicília, a Bacia Imera a Sul e a Planície de Licata

Conclusão

Os desafios que é forçoso enfrentar hoje, para encontrar soluções para os problemas da salinização, incluem a necessidade de mobilizar a comunidade científica, para a elaboração de um programa integrado de métodos, padrões, bases de dados e redes de pesquisa, de maneira a avaliar e controlar a salinização do solo. Não é, contudo, suficiente pesquisar e compreender os problemas, importa assegurar que o conhecimento que adquirido, seja aplicado de forma prática, para benefício da humanidade.