



AValiação DO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO DE TUBOS DE AÇO INOX DUPLEX UTILIZADOS NA EXTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS¹

Ivaldo de Assis do Nascimento²
Assis Moura Nascimento³
André Luís de Brito Baptista⁴
Leandro André Chaves Baptista⁵

Resumo

No presente trabalho apresenta-se as principais características do ambiente de trabalho (água e solo) de tubos de aço ino duplex utilizados na extração e distribuição de águas subterrâneas para irrigação.

Palavras-chave : Tubos; Duplex ; Aço.

EVALUATION OF THE WORK ENVIRONMENT OF DUPLEX STAINLESS STEEL PIPES USED IN THE EXTRACTION AND DISTRIBUTION OF UNDERGROUND WATERS

Abstract

The main characteristics of the work environment (water and soil) of duplex stainless steel pipes used in the extraction and distribution of underground water for irrigation are presented in this work.

Key words: Pipe; Duplex; Steel.

¹ Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

² Engenheiro Mecânico - Diretor Técnico e Coordenador da Divisão de Ensino e Pesquisa da Spectru Ltda

³ Técnico de Desenvolvimento Especializado em Sistemas Informatizados. - Responsável Técnico pela Divisão de Informática e Informações Tecnológicas da Spectru Instrumental Científico Ltda.

⁴ Técnico Industrial Metalúrgico Especializado – Técnico Metalurgista da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda / Universidade Federal Fluminense e Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento da Divisão de Metalurgia da Spectru Instrumental Científico Ltda. Graduando em Administração de Empresas da FASF – Faculdade Sul Fluminense do Instituto de Cultura Técnica de Volta Redonda

⁵ ETPC/VR – Escola Técnica Pandiá Calogeras – Curso de Eletrônica - Pesquisador Independente. Programa Universidade/Empresa/Escola

1 INTRODUÇÃO

A água é diretamente responsável pela manutenção da vida e do bem-estar da espécie humana, além de ser o recurso natural mais importante para utilização dos demais recursos, quer sejam vegetais, animais ou minerais.

As primeiras cidades se formaram em locais onde se pudesse dispor de água para a sobrevivência. Ruínas de obras hidráulicas remotas são testemunhas do desenvolvimento social e tecnológico que atingiram alguns povos na antiguidade. Sempre a busca da água potável, e a sua distribuição, serviram como símbolos da qualidade de vida e do esplendor que alcançaram estas sociedades.

Se consideramos o crescimento populacional, o uso indiscriminado dos recursos hídricos e a crescente poluição das águas e mais ainda, que as reservas não são eternas, apesar do ciclo de recirculação nunca diminuir o volume global da água, pode-se concluir que os estoques de água não são ilimitados, como muitos ainda crêem.

A ilusão de abundância de recursos hídricos é obsoleta e ultrapassada devendo nossas atenções estar voltadas para o manejo destes e não somente para qualidade e quantidade. Este manejo implica em planejamento das políticas de economia envolvendo não somente a reciclagem, mas também o conhecimento de fontes alternativas.

Uma das grandes fontes está na exploração dos mananciais de água subterrânea, assim o aço inoxidável duplex vem contribuir neste trabalho, por garantir uma boa qualidade de água devido a sua característica excelente de resistência mecânica e à corrosão no meio ambiente de trabalho dos tubos que formam os poços de extração e as tubulações para distribuição.

Os aços inox duplex; também chamados de austeno – ferríticos e, mais raramente, de semi – austeníticos, apresentam uma estrutura bifásica de austenita e ferrita. O percentual de ferrita se situa entre 40% e 60%, sendo ajustado pela composição química e pelas condições de resfriamento (Figura 1).

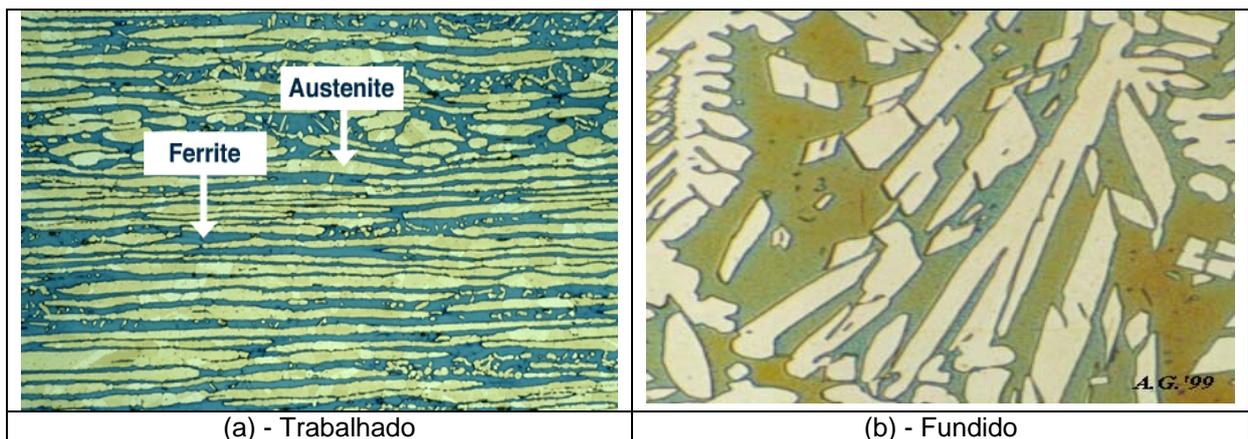


Figura 1 – Microestruturas de aço inox duplex.⁽¹⁾

Com relação aos campos de aplicação, os aços inoxidáveis duplex vêm sendo crescentemente utilizados nas operações de extração e refino de petróleo, devido às suas características de alta resistência mecânica e boa tenacidade, associadas à elevada resistência à corrosão generalizada. Além do setor petroquímico, os inox duplex são também encontrados nas indústrias de processamento químico, de polpa e papel, de geração de energia e de distribuição de águas, saneamento e irrigação.

Nos aços inox duplex procurou-se reunir as boas propriedades dos ferríticos e austeníticos, eliminando – se os pontos fracos de cada família isoladamente. Assim, os austeno – ferríticos são mais resistentes à corrosão sob tensão que os austeníticos e de mais fácil fabricação que os ferríticos.

Ainda em relação aos austeníticos convencionais (série 300), os duplex apresentam limites de escoamento de 2 a 3 vezes maior e limites de resistência cerca de 2,5% superior. Como esse ganho em resistência mecânica se deve, em grande parte, ao efeito de refino de grão da estrutura duplex, não são grandes os prejuízos na ductilidade e tenacidade.⁽¹⁾

2 AÇO INOX DUPLEX

O desenvolvimento dos aços inoxidáveis denominados duplex vem resultando na sua crescente utilização, principalmente em aplicações civis ou industriais que exigem maior resistência à corrosão.

A descoberta oficial dos aços inoxidáveis ocorreu em meados de 1900, quando dois metalurgistas franceses publicaram uma série de estudos sobre as propriedades e estrutura destes aços. As Figuras 2 e 3 mostram o fluxo clássico de fabricação de aços inox planos.

Em 1927 surgiram os primeiros resultados sobre a microestrutura duplex (austeno – ferrítica), porém somente a partir de 1930 os aços inoxidáveis duplex tornaram-se comercialmente disponíveis.

A consolidação dos duplex como materiais versáteis para as mais diversas aplicações ocorreu em 1969.

Na década de 1970 os duplex experimentaram rápido crescimento na indústria de petróleo e gás, papel e celulose, química, petroquímica, siderúrgicas, alimentícias, de geração de energia e construção civil, resolvendo problemas como corrosão por pite e sob tensão, sendo estes responsáveis pelo maior número de falhas por corrosão dos aços inoxidáveis. Os duplex também possibilitaram o uso de construções mais leves face às suas melhores propriedades mecânicas.

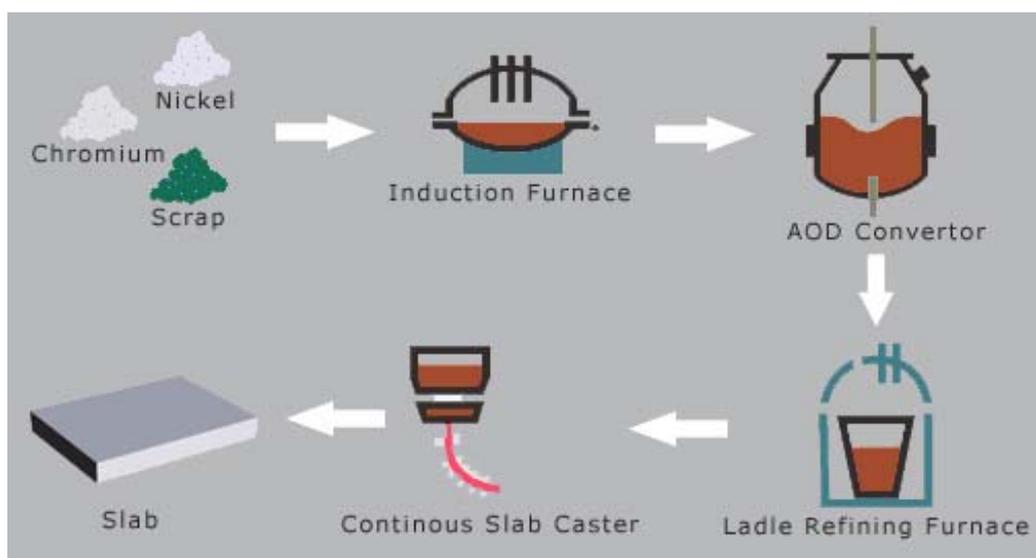


Figura 2 – Obtenção do aço líquido e lingotamento.⁽¹⁾

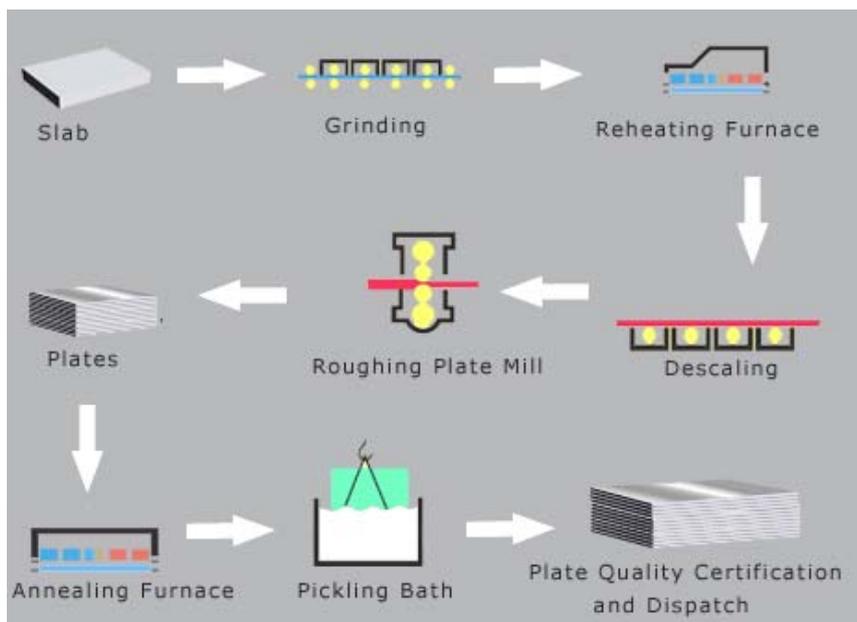


Figura 3 – Obtenção de laminados.⁽¹⁾

Essas ligas podem ser elaboradas em fornos de indução e a arco elétrico, com desgaseificação a vácuo (VID), ou em conversores do tipo AOD (Figura 4).

O processo de aciaria é de difícil prática uma vez que envolve vários controles a serem realizados, tais como: balanceamento microestrutural entre ferrita e austenita, cálculo da solubilidade do nitrogênio no metal líquido, ajuste matemático microestrutural das características mecânicas, através de expressões empíricas, além do ajuste da resistência equivalente à corrosão por pite.

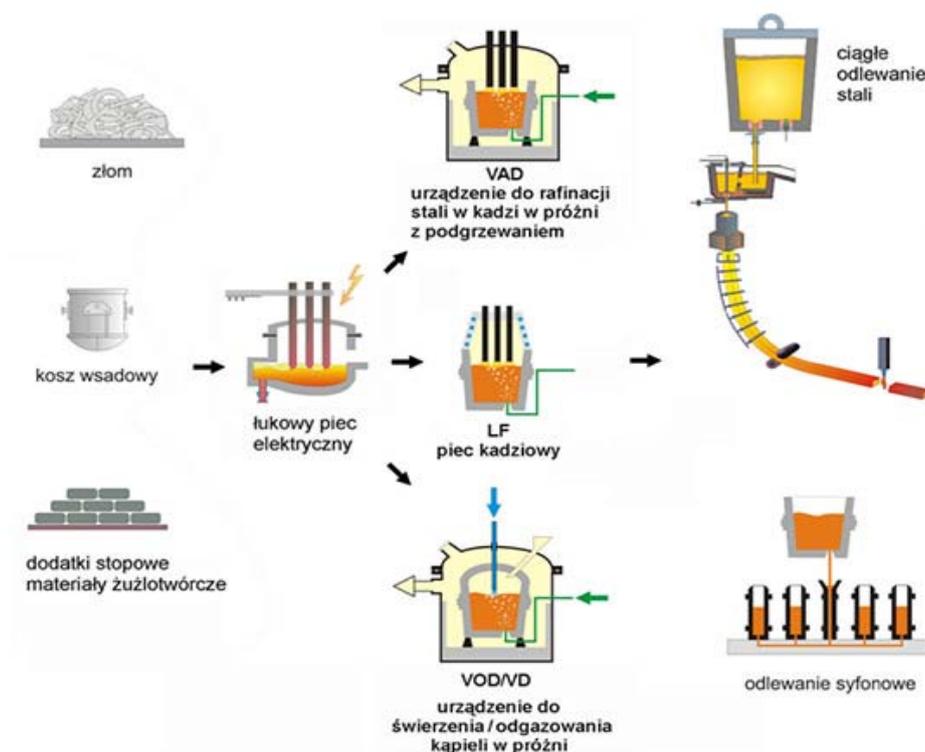


Figura 4 – Processos especiais para obtenção do aço duplex.⁽¹⁾

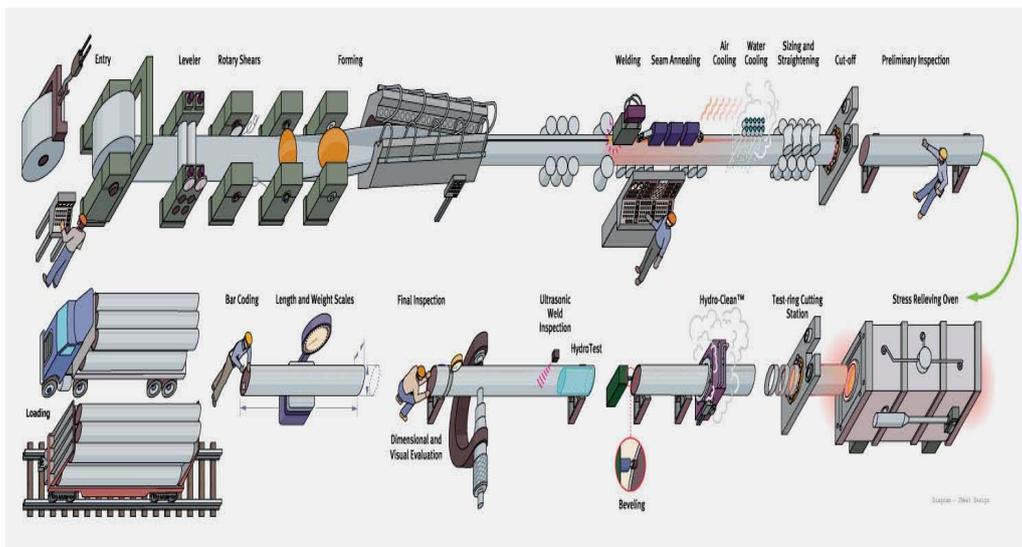


Figura 7 – Fabricação de tubos a partir de chapas.⁽¹⁾



Trabalhados



Fundidos

Figura 8 - tubos trabalhados e fundidos.⁽¹⁾

3 MEIO AMBIENTE DE TRABALHO : ÁGUA E SOLO

3.1 Águas Agressivas, Corrosivas e Incrustantes

As águas transportadas em uma canalização podem apresentar características físico-químicas muito diferentes. Uma água pode ser caracterizada por sua corrosividade (propensa a atacar os metais não revestidos) e sua agressividade (contra os materiais à base de cimento).

O comportamento de uma água em relação aos metais ferrosos e aos revestimentos à base de cimento depende de vários fatores: mineralização, teor de oxigênio, condutividade elétrica, pH, temperatura etc.

3.2 Águas Corrosivas

Certos tipos de águas atacam as canalizações metálicas não revestidas internamente. As reações químicas produzem hidróxido de ferro, depois hidróxido férrico, e acarretam a formação de nódulos ou tubérculos, podendo, a longo prazo, diminuir a seção da canalização e aumentar as perdas de carga de maneira significativa.

Verifica-se que a corrosão pelas águas potáveis é um processo geralmente lento. As normas de potabilidade recomendam a distribuição de águas não



corrosivas e não agressivas, garantindo a manutenção da qualidade das águas e a proteção das canalizações e instalações públicas e privadas.

Além de um índice de saturação negativo outros fatores que indicam a corrosão devem ser levado em consideração nas seguintes condições:

- pH baixo, inferior a 7;
- O₂ dissolvido quando este gás exceder a 2 mg/l;
- gás sulfídrico (H₂ S), quando se nota pelo gosto ou pelo cheiro sulfato de hidrogênio na água;
- STD em concentrações superiores a 1.000 mg/l;
- gás carbônico superior a 50 mg/l de CO₂; E
- cloretos em concentração superior a 500 mg/l.

3.3 Águas Agressivas

A agressividade de uma água se define por sua possibilidade de atacar os materiais contendo cálcio (exemplo: aglomerados hidráulicos). Três casos podem se apresentar, segundo a análise química: a mineralização, o pH e a temperatura da água transportada : uma água em equilíbrio cálcio-carbono não acarreta, para uma temperatura dada, ataque nem precipitação de carbonato de cálcio, uma água incrustante tende a depositar os sais de cálcio (carbonato...) sobre a parede interna das canalizações, uma água agressiva pode atacar certos elementos da argamassa de cimento, que contém cálcio (cal, silicato ou sílico-aluminato de cálcio).

3.4 Águas Incrustantes

A incrustação de uma água é também função de certos parâmetros químicos citados abaixo além do índice de saturação positivo:

- pH quando superior a 7;
- dureza total de carbonato quando exceder 300 mg/l de CaCO₃ , provoca depósito de carbonato de cálcio; e
- manganês total em conteúdo superior a 1 mg/l provoca precipitação de manganês em presença de oxigênio com pH alto.

3.5 Solo

O comportamento do solo, como meio corrosivo, deve ser considerado de grande importância, levando-se em consideração as enormes extensões de oleodutos, gasodutos, cabos telefônicos e tubulações de água, que exigem um controle rigoroso de manutenção para evitar corrosão acelerada. Em geral a velocidade de corrosão no solo não é muito influenciada por pequenas variações na composição ou estrutura do material. O que vai influenciar mais é a natureza do solo. Assim, destacam-se os seguintes fatores : porosidade (aeração), condutividade elétrica, sais dissolvidos, umidade, correntes de fuga, pH e bactérias. Dentre estes fatores, deve-se destacar como dos mais importantes as correntes de fuga ou estranhas existentes no solo. Este destaque se deve ao fato destas correntes serem causa freqüente de corrosão eletrolítica de tubulações enterradas, nas proximidades de instalações de corrente contínuas, principalmente de sistemas de tração elétrica. Com o desenvolvimento de sistemas de tração elétrica, como transporte ferroviário e subterrâneo (metrô), deve-se considerar com todo cuidado a possibilidade de



corrosão eletrolítica, em instalações próximas a estes sistemas, devido a possíveis correntes de fuga provenientes dos mesmos.

As bactérias existentes no solo podem, em alguns casos, destruir os revestimentos protetores aplicados, possibilitando o processo corrosivo: bactérias que consomem o material celulósico usado em revestimentos, havendo oxidação da celulose para ácidos, como acético e butírico, que atacariam o material metálico. Existe também a possibilidade de ação das bactérias de enxofre : oxidantes de enxofre e sulfetos e redutores de sulfato.

3.6 Corrosividade dos Solos

As canalizações enterradas são submetidas a várias solicitações, entre as quais a agressividade dos terrenos e dos reaterros.

O estudo detalhado do local permite determinar as diferentes variáveis encontradas, e informa sobre a natureza dos terrenos e sua corrosividade natural.

3.7 Estudo Topográfico

Índices gerais de corrosividade: os índices gerais de corrosividade são determinados com a ajuda de levantamento detalhado do local : o relevo do solo: os pontos altos são mais secos, logo pouco corrosivos; os pontos baixos são mais úmidos, logo suscetíveis de uma corrosividade mais forte, cursos de água, zonas úmidas, charcos, pântanos, lagos, zona de turfa e outras, ricas em ácidos orgânicos, bactérias etc, os estuários, polders, mangues e terrenos salinos situados próximos ao mar.

Índices de poluição e de corrosividade específicos : Com o auxílio de plantas topográficas, determina-se : as zonas poluídas por efluentes diversos, tais como esterco, rejeitos de efluentes industriais, etc. ou por águas servidas, de origem doméstica, os depósitos de origem industrial, tais como escórias, carvão etc... , a proximidade de obras, onde os coletores de efluentes não sejam estanques, as instalações industriais ou de equipamentos utilizando corrente elétrica contínua (obras protegidas catolicamente, tração elétrica, usinas, redes elétricas etc.).

3.8 Estudo Geológico

Pode-se distinguir, em primeira análise, terrenos:

- com baixo risco: areias e cascalhos, materiais inorgânicos, calcários
- com risco elevado: argilas
- com risco muito elevado gipsita, piritas (ferro: pirita, calcopirita, cobre) sais para indústrias químicas (cloreto de sódio, sulfato de cálcio), combustíveis fósseis (linhitos, turfas, carvões, betumes).

3.9 Hidrogeologia

A umidade é um fator agravante à corrosividade de um terreno. O estudo hidrogeológico determina os terrenos impermeáveis, suscetíveis de reter água, assim como as zonas aquíferas. O limite de separação desses terrenos é quase sempre marcado por nascentes de mananciais. É importante considerar este limite com muita atenção, uma vez que a corrosividade do terreno impermeável pode ser muito alta: ele tem a mesma corrosividade de terrenos aquíferos, quando drenam os

terrenos vizinhos que podem apresentar substâncias minerais solúveis (cloreto de sódio, sulfato de cálcio etc).

3.10 Estudo sobre o Terreno

O estudo sobre o terreno permite, por observações visuais, a verificação da resistividade e análises (amostras do solo), para confirmar e completar os resultados topográficos e geológicos.

A resistividade elétrica de um solo indica a sua capacidade de facilitar o fenômeno de corrosão eletroquímica sobre o metal. É um parâmetro particularmente significativo visto que integra praticamente todos os fatores influentes na corrosividade (teor de sais, presença de água...).

Os diferentes tipos de análises são feitos sobre o traçado previsto para a canalização. Seu espaçamento é função da topografia do terreno e dos valores encontrados.

Um solo é tanto mais corrosivo quanto menor for sua resistividade.

Para resistividades inferiores a 3.000 ohms×cm, considera-se que é conveniente confirmar as medições em uma amostra colhida à profundidade do assentamento, e medir a resistividade em laboratório.

3.11 Natureza dos Terrenos

Os terrenos podem ser divididos em três grandes categorias, em função de sua coesão:

Terrenos rochosos: possuem um grande coesão, que complica o trabalho de abertura de vala, mas que não exclui totalmente a possibilidade de desmoronamento. Às vezes apresentam fissuras, que podem provocar a queda de blocos inteiros (Figura 9).

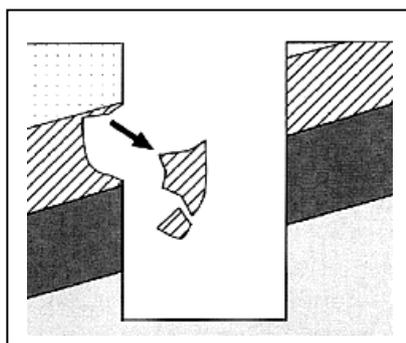


Figura 9. Terrenos rochosos.⁽²⁾

Terrenos Argilosos - São os mais encontrados. Apresentam uma certa coesão que, no momento da abertura da vala, permite mantê-la firme durante algum tempo. Esta coesão pode variar muito rapidamente devido a vários fatores (chegada de água, passagem de equipamentos, etc): há possibilidade de desmoronamentos (Figura 10).

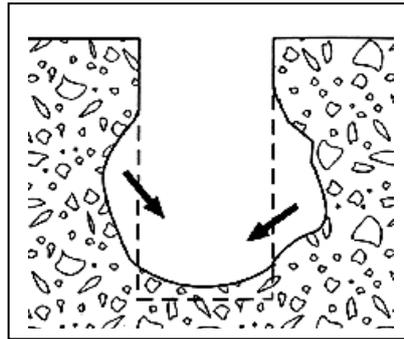


Figura 10. Terrenos Argilosos.⁽²⁾

Terrenos instáveis: são terrenos totalmente desprovidos de coesão, tais como areia seca, lodo ou aterros recentemente depositados. Eles se desmoronam, na prática, instantaneamente (Figura 11).

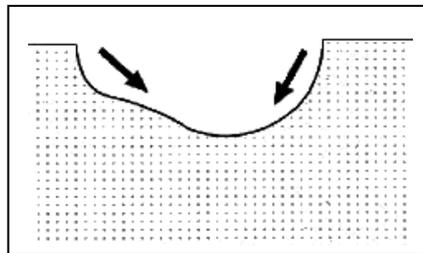


Figura 10. Terrenos Instáveis.⁽²⁾

4 CONCLUSÃO

As águas subterrâneas estão sendo utilizadas em irrigação, devido às suas vantagens em relação à água de superfície, nos aspectos quantitativos e qualitativos. Esta água para ser transportada para diversos pontos, necessita de um sistema de condução (tubulação).

Como esses tubos estão sujeitos a agentes agressivos do solo (bactérias; porosidade; umidade; sais dissolvidos; pH etc...) e da água (gases dissolvidos; sais dissolvidos; bactérias e limos etc), o material deve apresentar boas condições de trabalho e boa soldabilidade para evitar o risco de uma perda de tenacidade e deterioração das propriedades de corrosão; assim como excessivo crescimento de grão e formação de precipitados de nitreto.

Por atender satisfatoriamente a estas exigências (alta resistência à corrosão; resistência mecânica elevada; facilidade de conformação e boa soldabilidade), tem sido utilizado o aço inoxidável duplex.

Os tubos devem apresentar resistência compatível com as condições de esforços mecânicos e de pressão decorrentes das grandes profundidades em que são instalados e dependendo das condições esperadas de agressividade química da água e solo o aço base deve resistir no mínimo 300 anos.

O dimensionamento da espessura da parede dos tubos é feito com base no seu diâmetro, comprimento da secção, a profundidade e o tipo de preenchimento do espaço anular no trecho em que será instalado. Os tubos e filtros podem ser unidos por rosca ou por solda.

Tubos de liga centrifugada são utilizados com considerável benefício econômico devido permitir flexibilidade de projeto no quesito espessura de parede e

comprimimento; podem atender a qualquer demanda; permite alteração de composição química do aço; podem ser usinados e soldados em qualquer processos.

REFERÊNCIAS

- 1 Baptista, A. L. B., Aço Inox Duplex – Spectru Ltda, 1999
- 2 Baptista, A. L. B., Águas Subterrâneas – Spectru Ltda, 2001