

PADRÕES TÉCNICOS DA HIDROSSEMEADURA BRASILEIRA

Boas práticas, parâmetros técnicos e diretrizes
para obras de bioengenharia de solos



ABRANCE

Associação Brasileira de Hidrossemeadura
e Controle de Erosão

PADRÕES TÉCNICOS DA HIDROSSEMEADURA BRASILEIRA

Boas práticas, parâmetros técnicos e diretrizes para obras de
bioengenharia de solos

Título da publicação: Padrões Técnicos da Hidrossemeadura Brasileira

Organização: ABRAHCE – Associação Brasileira de Hidrossemeadura e Controle de Erosão

Presidência: Rafael Silva

Coordenação Técnica: Rodrigo Zaleski

Prefácio: Biólogo Richard Rasmussen

Autores:

Rodrigo Zaleski

Rafael Silva

Eng. Paolo Sartorelli (CREA/SP 8062570031) e

Eng. Luiz Antônio Naresi Júnior (CREA MG 55.488/D)

Revisão técnica:

Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas - SOBRADE
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina - CREA SC

Câmara Especializada de Engenharia Civil - CREA SC

Câmara Especializada de Agronomia - CREA SC

Câmara Florestal de Engenharia Florestal - CREA SC

Eng. Luiz Antônio Naresi Júnior CREA MG 55.488/D

Eng. Jonata Loureiro CREA SC 16.861/1

Eng. Maurício Balesiefer CREA PR 5.260/D

Projeto gráfico e diagramação: Oli Rodrigues

Ano da publicação: 2026

Local: Brasil

Direitos reservados: © ABRAHCE – Associação Brasileira de Hidrossemeadura
e Controle de Erosão

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem
autorização expressa da ABRAHCE.

Organização institucional:

ABRAHCE – Associação Brasileira de
Hidrossemeadura e Controle de Erosão

Em parceria com:

CREASC – Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Santa Catarina

SOBRADE – Sociedade Brasileira de Recuperação
de Áreas Degradadas

Edição 2026
Brasil

Índice

Prefácio	06
1 - Apresentação	08
1.1 - Sobre a ABRAHCE	08
1.2 - Objetivo desta cartilha	08
2 - Fundamentos técnicos da hidrossemeadura	09
2.1- Definições	10
2.2 - Tipos de hidrossemeadura	10
2.3 - Funções da camada protetora aplicada por hidrossemeadura	14
3 - Materiais da hidrossemeadura	16
3.1 - Classificação ABRAHCE dos tipos de mulch no mercado brasileiro	16
3.1.1- Mulch de primeira linha (profissional)	16
3.1.2 - Mulch de segunda linha (subprodutos)	17
3.2 - Fixadores para hidrossemeadura	18
3.3 - Fertilizantes e corretivos de solo	18
3.3.1 - Fertilizante npk	19
3.3.2 - Uréia ou sulfato de amônio	19
3.3.3 - Fertilizante organomineral bioativado	19
3.3.4 - Corretivo de solo	20
3.4 - Sementes	20
4 - Equipamentos para hidrossemeadura	24
5 - Execução	26
5.1 - Preparo de solo	26
5.2 - Preparo da mistura e aplicação	27
5.2.1 - Aplicação hidrossemeadura tipo grama	28
5.2.2 - Aplicação hidrossemeadura para áreas com inclinação até 45° graus	30
5.2.3 - Aplicação hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45° e 60° graus	32
5.3 - Gramatura, volume e critérios técnicos	34
5.4 - Cuidados pós plantio	35
5.4.1 - Adubação de cobertura / fertilização	35
5.4.2 - Irrigação	35
5.4.3 - Isolamento das áreas	35
5.5 - A vegetação como elemento estrutural complementar nas obras de contenção: hidrossemeadura aplicada ao solo grampeado verde	36
5.5.1 - Processos erosivos e a importância da proteção superficial em taludes contidos	36
5.5.2 - O conceito de solo grampeado verde	37
5.5.3 - Contribuições geotécnicas diretas da vegetação em taludes contidos	38
5.5.4 - Hidrossemeadura como técnica ideal para taludes com solo grampeado	40
5.5.5 - Benefícios ambientais associados à estabilidade estrutural	40
5.5.6 - Diretrizes técnicas para aplicação em obras de contenção	40
5.5.7 - Considerações	41
6 - Medição e fiscalização	42
6.1 - Critérios de medição e pagamento	42
Posfácio - O futuro da hidrossemeadura	43
Glossário	47

PREFÁCIO

Acompanhar e prefaciá-la a primeira cartilha nacional de hidrossemeadura publicada no Brasil é motivo de enorme alegria e orgulho — especialmente para quem acredita que ciência, técnica aplicada e respeito à natureza precisam caminhar juntos.

Vivemos em um país abençoado por uma diversidade natural rara no mundo. O Brasil abriga biomas únicos, rios que sustentam regiões inteiras e uma vida silvestre que impressiona pela riqueza e complexidade. Mas essa mesma grandeza nos impõe responsabilidades reais: convivemos diariamente com erosão de solos, degradação de taludes, assoreamento de rios e impactos ambientais associados a obras de infraestrutura, urbanização e atividades produtivas.

É nesse ponto que a hidrossemeadura deixa de ser apenas uma alternativa técnica e passa a ser uma ferramenta estratégica. Ela representa a aplicação consciente da engenharia ambiental para proteger o solo, controlar a erosão e acelerar a recuperação de áreas degradadas, conectando desenvolvimento econômico, restauração ambiental e responsabilidade com o futuro.

Quando observo iniciativas como esta cartilha organizada pela Associação Brasileira de Hidrossemeadura e Controle de Erosão – ABRAHCE, lembro sempre de algo que aprendi ao longo da minha trajetória na conservação: o conhecimento precisa ser vivido para ser verdadeiro. Esta publicação nasce exatamente desse encontro entre teoria, prática de campo e experiência real em obras espalhadas por todo o país.

A ABRAHCE assume aqui um papel fundamental: o de organizar conhecimento, estabelecer critérios técnicos claros e separar práticas responsáveis de improvisações que, muitas vezes, custam caro ao meio ambiente e à sociedade. Recuperar o solo não é despesa — é investimento no amanhã, na segurança das obras, na proteção dos recursos naturais e na qualidade de vida das próximas gerações.

Que cada página desta cartilha seja como uma semente lançada em solo fértil. E que, com técnica, compromisso e ação conjunta, essas sementes floresçam em práticas reais — nas estradas, nas cidades, nas margens dos rios e na consciência de todos que aprendem o valor de um solo vivo.

A todos que contribuíram para a construção deste material, deixo meu incentivo: sigamos plantando soluções, colhendo futuro e semeando um Brasil mais equilibrado, responsável e sustentável.

RICHARD RASMUSSEN
Biólogo e Naturólogo

1. APRESENTAÇÃO

1.1 Sobre a ABRAHCE

A Associação Brasileira de Hidrossemeadura e Controle de Erosão (ABRAHCE) foi fundada com o propósito de fomentar a hidrossemeadura, além de estabelecer padrões técnicos claros e seguros para estes serviços no Brasil. A entidade atua na formação técnica, padronização de boas práticas, apoio à fiscalização, qualificação de empresas e difusão do conhecimento em obras ambientais, rodoviárias, urbanas, minerárias e de infraestrutura. O objetivo é dar segurança e padrão de qualidade na contratação dos serviços pertinentes

1.2 Objetivo desta Cartilha

Esta cartilha define os padrões técnicos mínimos exigidos pela ABRAHCE para execução de:

- Hidrossemeadura de Grama;
- Hidrossemeadura para áreas com inclinação de até 45° graus;
- Hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45° e 60° graus;
- Hidrossemeadura de Florestas.

A cartilha serve como referência técnica nacional para contratantes, projetistas, órgãos públicos, empresas aplicadoras e fiscalizações de obras. Reafirmamos que as especificações, principalmente as composições de mistura para plantio, representam o padrão mínimo recomendado e não deve ser entendido como "receita" definitiva. Composições ajustadas para condições específicas de obras devem ser utilizadas seguindo orientação de técnico/engenheiro responsável.

2. FUNDAMENTOS TÉCNICOS DA HIDROSSEMEADURA

2.1 Definições

A hidrossemeadura é um processo técnico de semeadura que aplica, por jateamento hidráulico, uma mistura composta obrigatoriamente por mulch de fibra de madeira, fixador, sementes, fertilizantes e corretivo de solo. Essa mistura forma uma camada que protege rapidamente o solo contra erosão superficial, cria um microambiente favorável e acelera o desenvolvimento da vegetação.

2.2 Tipos de Hidrossemeadura

A ABRAHCE define que o tipo de hidrossemeadura a ser adotada deve ser definido em função do ângulo de inclinação de cada área, tipo de solo e objetivo do projeto. Assim sendo os tipos de hidrossemeadura são definidos conforme seguem:

Hidrossemeadura tipo Grama.

Hidrossemeadura com composição específica para formação de gramados como por exemplo em canteiros centrais de rodovia, parques, praças, campos esportivos. Este tipo de hidrossemeadura é indicado para áreas planas até inclinações moderadas.

Hidrossemeadura para áreas com inclinação até 45 graus.

Hidrossemeadura especificada para áreas planas ou com inclinações moderadas. Os fixadores usados são mais econômicos e a gramatura de material aplicada é moderada.

Hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45 e 60 graus.

Este tipo de hidrossemeadura é especificada para áreas de alta inclinação, ou áreas com solos complexos ou regiões com clima complexo. O diferencial deste tipo de hidrossemeadura é a gramatura maior aplicada e fixadores de alto desempenho visando fixar os insumos nas condições extremas de terreno.



Figura 1: Ilustração dos tipos de áreas com diferentes inclinações e onde somente a hidrossemeadura é usada (Vegetação Natural) e onde a hidrossemeadura pode ser usada juntamente com geomantas (Solo Verde Grampeado).

Hidrossemeadura de Florestas.

A Hidrossemeadura de Florestas é um campo em franca evolução. Cada vez mais, esta solução tem sido identificada não só como aplicável à revegetação, a qual, diga-se, é de suma importância, mas também como uma medida viável, mais barata e mais aproximada de processos naturais para o reflorestamento.

As especificações de composição para a referida modalidade são equivalentes às aplicáveis para a hidrossemeadura de áreas com inclinação de 45 à 60 graus (tópico 5.2.3), composição com maior gramatura, com a peculiaridade de que o mix de sementes deve ser ajustado com orientação profissional, dependendo de cada bioma a ser aplicado.

A ABRAHCE, tendo em vista a importância do tema, trouxe à esta cartilha a participação do Engenheiro Florestal Paolo Sartorelli, Sócio da Baobá Florestal, com mais de 20 anos de experiência em restauração ecológica com sementes.

Vale dizer que esta é apenas uma breve introdução do tema, que será expandido em uma cartilha própria no futuro.

“Desde a primeira vez que vi uma área em processo de restauração por sementeira direta, eu soube que estava diante do futuro. O Brasil, por ser um país de excelência na silvicultura de

Pinus e Eucalyptus, formou gerações de profissionais altamente capacitados – e essa competência ajudou a construir o patamar técnico que temos hoje. No entanto, quando o assunto é “silvicultura” de espécies nativas aplicada à restauração ecológica, ainda estamos longe dessa mesma excelência, não por falta de conhecimento ecológico, mas por uma barreira muito concreta: custo, logística e tempo.

Plantar e manter mudas nativas é extremamente oneroso. Mesmo quando se consegue estabelecer um agrupamento arbóreo, muitas vezes o resultado ainda não se comporta como um ecossistema: falta dinâmica, falta diversidade funcional, falta autorregulação. E, até o momento em que a área realmente “vira” e deixa de depender de intervenção humana intensa, pode-se passar tempo demais – e, conseqüentemente, gastar dinheiro demais.

É justamente por isso que, em tempos em que qualquer congresso de carbono, restauração ou academia repete o termo “Soluções Baseadas na Natureza (SBN)”, ainda me espanta ver alguém, no século XXI, sustentar que o plantio de mudas seja, por si só, uma SBN. A maior parte das plantas do planeta tem como principal estratégia de perpetuação a dispersão de sementes ou propágulos. Semente não é detalhe; semente é o plano A da natureza. Logo, quando falamos em restaurar com sementes, estamos nos alinhando ao mecanismo mais básico e mais eficiente que a própria natureza usa para reconstruir florestas e savanas.

Por muito tempo, a Floresta de Sementes foi estigmatizada: “coisa de bicho-grilo”, “coisa de agrofloresta”, “coisa alternativa”. Eu ouvi isso por anos. E foi exatamente por isso que eu investi 15 anos de trabalho em campo, com planejamento, organização e execução, para mostrar o que esse método realmente é: uma tecnologia de restauração ecológica com racional técnico, com indicadores, com padrão operacional e com capacidade de entregar trajetória ecológica acelerada. Eu afirmo, com a segurança de quem mediu, acompanhou e corrigiu rota ao longo do tempo: quando bem conduzida, a Floresta de Sementes consegue antecipar resultados ecológicos que, em abordagens tradicionais, costumam aparecer em horizontes de 20 anos – em poucos anos de implantação e manejo inteligente.

O primeiro ponto é entender que “Floresta de Sementes” não é sinônimo de “jogar semente”. É projeto. É método. É estratégia. A implantação pode ser manual – substituindo a muda por uma colher de sopa de sementes – ou mecanizada através do uso de tratores agrícolas ou da hidrossemeadura moderna. E ambas podem ter excelente desempenho, desde que o desenho e o preparo do sítio estejam corretos.

Para formar uma Floresta de Sementes, trabalhamos com uma ordem de grandeza em torno de 70 kg de sementes por hectare, algo como 500.000 sementes/ha (variando conforme o bioma, o objetivo e a composição da mistura). Isso não é desperdício; é ecologia aplicada. Espécies florestais produzem milhares de sementes e, na natureza, apenas uma fração mínima chega à fase adulta. Em restauração, a conversão de sementes em plantas estabelecidas costuma ficar entre 1% e 5% – o que, ainda assim, é mais eficiente do que o processo natural, porque nós removemos parte das limitações do ambiente e organizamos o estabelecimento.



Foto 1: Diversidade de sementes de espécies florestais.

Com isso, é comum que, após o primeiro ano, a densidade de indivíduos arbóreos chegue a valores muito altos – da ordem de 10.000 indivíduos por hectare. E eu sei o que o leitor está pensando: “esse número não vai gerar competição?”. Vai. E a minha devolutiva é simples: qual ecossistema no planeta, aquático ou terrestre, não evoluiu sob competição intensa? A competição é um dos motores da seleção, da adaptação e da megadiversidade que existe hoje. Aqui está uma diferença fundamental entre silvicultura produtiva e restauração ecológica. Uma população voltada à carvoaria, serraria ou indústria de papel precisa que cada indivíduo

maximize seu potencial individual de crescimento. Já uma população voltada à restauração precisa reativar processos: cobertura, sombreamento, ciclagem, estrutura, heterogeneidade e autorregulação. Na restauração, o sistema não “falha” porque muitos indivíduos não chegam ao estágio adulto; ele funciona justamente porque o ecossistema se ajusta.

Isso fica claro quando observamos a dinâmica temporal (Figura 1). Em um cenário típico de hidrossemeadura de floresta, você pode ter cerca de 10.000 indivíduos/ha no Ano 1, com altura média por volta de 0,8 m. Com o passar do tempo, a própria área realiza o desbaste natural: no Ano 10, por exemplo, a densidade pode cair para aproximadamente 2.750 indivíduos/ha, enquanto a altura média sobe para algo como 7,5 m. Ou seja: a floresta não “entra em colapso” por competir; ela se organiza, seleciona, estrutura e cresce. É exatamente o que esperamos de um processo ecológico bem conduzido.

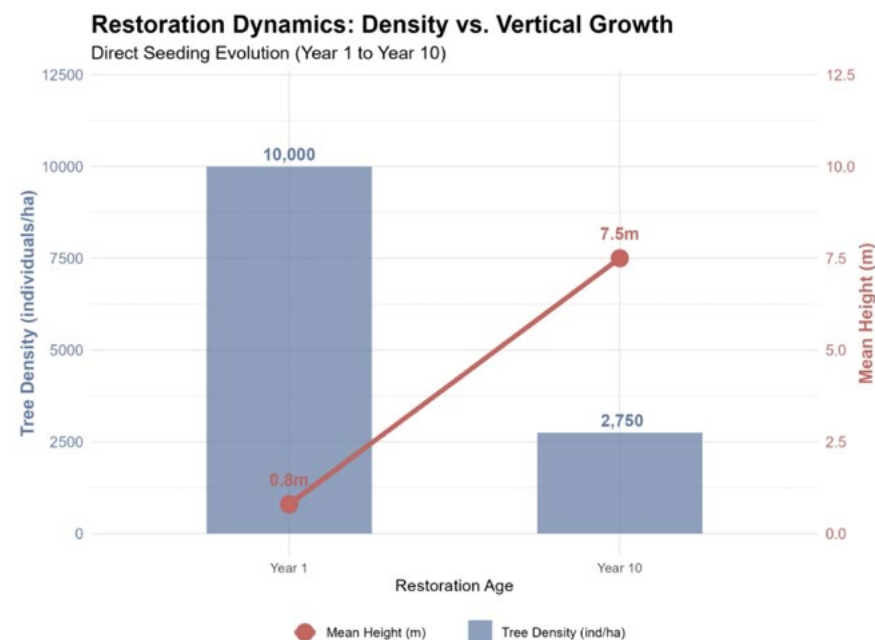


Figura 2: Evolução temporária no tamanho da vegetação (linha) e densidade de plantas por hectare (colunas).

Agora, nada disso acontece por acaso. Um aspecto decisivo é o preparo do solo. A área precisa estar livre de plantas competidoras, especialmente gramíneas invasoras; precisa estar corrigida e adubada quando o diagnóstico indicar; e precisa oferecer condição para que as plântulas germinem, emerjam e se estabeleçam rapidamente. Aqui entra o processo de unir a semeadura de florestas e a hidrossemeadura. Ao adotar a hidrossemeadura de florestas, conseguimos em uma única etapa adicionar todos corretivos de solo e nutrientes necessários para a um bom desenvolvimento das plântulas, bem como o auxílio na proteção das sementes pelo Mulch de Fibra de Madeira. Tratar isso como premissa não é luxo: é reduzir risco. Ignorar esse fundamento aumenta muito a chance de insucesso — e, depois, a conta chega em forma de replantio, manutenção cara e frustração técnica.

E, por fim, existe um elemento que rege o mundo real: custo. Quando mecanizada e em escala adequada, a Floresta de Sementes pode custar, em geral, entre R\$ 9.000 e R\$ 18.000 por hectare, a depender da escala, do acesso, do insumo e das condicionantes do sítio. Já o plantio de mudas, com toda a logística, manutenção e complexidade operacional, frequentemente varia entre R\$ 45.000 e R\$ 90.000 por hectare. Em outras palavras: não se trata apenas de escolher um método “mais ecológico”; trata-se de viabilizar a restauração para que ela aconteça de verdade — em área grande, com consistência e com capacidade de ser repetida.

Se precisamos de uma Solução Baseada na Natureza de fato, então precisamos usar a estratégia que a própria natureza escolheu como regra: sementes e propágulos, com planejamento, com técnica e com manejo. A Floresta de Sementes não é promessa. É caminho. É método. E, na prática, é solução.”

2.3 Funções da Camada Protetora Aplicada por Hidrossemeadura

A Camada Protetora Aplicada pela hidrossemeadura tem a função de criar um ambiente ideal para a germinação das sementes entre outras funções como:

- Conservar a umidade do solo;
- Controlar a temperatura;
- Prevenir a compactação do solo;

- Reduzir o impacto da chuva sobre a superfície semeada;
- Reduzir a erosão do solo;
- Diminuir a evaporação;
- Evitar o carreamento das sementes e fertilizantes aplicados.

Esta camada é formada por toda composição usada na hidrossemeadura, tendo papel fundamental o material chamado de Mulch, um superstrato fibroso que cria o efeito protetivo no instante da sua aplicação no solo.



Figura 3: Ilustração da camada protetora mostrando a proteção do solo e desenvolvimento vegetal.

3. MATERIAIS DA HIDROSSEMEADURA

3.1 Classificação ABRAHCE dos tipos de Mulch no mercado brasileiro

A ABRAHCE classifica os mulches nacionais (também conhecidos como superstratos) em duas categorias, de acordo com suas características físico-químicas e nível de segurança ambiental.

3.1.1 Mulch de Primeira Linha (Profissional)

Fabricado especificamente para hidrossemeadura, com controle rigoroso de qualidade e garantia de segurança ambiental. Requisitos mínimos:

- Composto por fibra de madeira refinada termo-mecanicamente;
- Retenção mínima de umidade: 1200%;
- Umidade máxima: < 15%;
- Pigmentação verde obrigatória (Função importante para aplicação e fiscalização-Padrão internacional);
- Embalagem com instruções de uso e identificação técnica;
- Possuir aditivos para melhora na eficiência;
- Comprovação de segurança ambiental (testes de toxicidade para peixes e crustáceos).



Fotos 2 e 3: Detalhe do Mulch de Fibra de Madeira, material 100% puro e sem contaminantes.

3.1.2 Mulch de Segunda Linha (Subprodutos)

Materiais fibrosos de origem variada, normalmente sem controle de qualidade ou rastreabilidade. Exemplos de materiais enquadrados:

- Resíduos orgânicos diversos;
- Bagaço de cana;
- Papel triturado de diferentes origens;
- Lodo de celulose;
- Acetato de celulose (Filtro de cigarro);
- Fibras vegetais não padronizadas;
- Materiais com umidade elevada e baixa estabilidade.

Recomendações ABRAHCE sobre o uso de Mulches

A ABRAHCE recomenda fortemente o uso de Mulches de Primeira Linha em obras de infraestrutura, por oferecerem:

- Maior uniformidade técnica;
- Melhor desempenho agrônômico;
- Maior retenção de água;
- Maior segurança ambiental;
- Rastreabilidade e conformidade normativa.

O uso de Mulches de Segunda Linha pode ser adotado desde que a parte contratante assumam a responsabilidade por:

- Validar previamente as características físico-químicas do material;
- Garantir a segurança ambiental de seu uso;
- Valiar riscos associados à ausência de padronização.

A ABRAHCE destaca que qualquer impacto ambiental, infração normativa ou falha decorrente do uso de materiais não certificados deverá gerar co-responsabilização entre contratante e empresa executora, sempre que o material não atender aos requisitos técnicos mínimos recomendados para hidrossemeadura de projetos de infraestrutura.

3.2 Fixadores para Hidrossemeadura

Os fixadores para Hidrossemeadura têm como finalidade contribuir para a fixação dos materiais aplicados, devendo apresentar as seguintes características principais:

- Ser apresentado em pó, sem corantes misturados;
- Aumentar a aderência do Mulch aos solos;
- Aumentar a aderência de fibra com fibra na manta de Mulch;
- Aumentar a capacidade de retenção de água pela camada de Mulch aplicada ao solo;
- Ser inofensivo aos organismos vivos;
- Não prejudicar a germinação das sementes;
- Lubrificar a mistura, permitindo melhor bombeamento e maior alcance.
- Possibilitar a mistura de fertilizantes;
- Possível aplicação em todos os tipos de solo;
- Ter validade de pelo menos 2 anos.

Os fixadores certificados pela ABRAHCE devem conter instruções de uso impressas na embalagem, bem como informações de riscos, conforme a norma NFPA 704 ou GHS da ONU. Essas informações são de suma importância para o uso correto e seguro dos produtos.

Além disso, os fixadores devem ser seguros para o meio ambiente, comprovado por meio de boletim de análise de toxicidade para peixes e crustáceos.

Os fixadores não devem conter corantes em sua composição e sua umidade deve ser inferior a 10%, comprovado por boletim de análise de perda por secagem.

Alguns tipos de Mulch disponíveis no mercado já possuem o fixador em sua composição o que melhora em muito a qualidade do mulch e sua eficiência. Nestes casos, devem ser seguidas as instruções do Fabricante do Mulch.

3.3 Fertilizantes e Corretivos de Solo

Os fertilizantes são responsáveis por suprir as necessidades nutricionais das plantas durante o seu desenvolvimento inicial. Eles podem ser produzidos na forma granulada, como os fertilizantes químicos, ou em pó, como os fertilizantes organominerais, e podem

ser comercializados em diversas formulações. Para o processo de Hidrossemeadura, os seguintes fertilizantes são recomendados:

3.3.1. Fertilizante NPK

Ele é formado basicamente por 3 elementos principais (macronutrientes): Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K). Sua formulação é dada pelo percentual de cada um desses elementos na sua composição, como, por exemplo, N-P-K: 05-20-10. Para identificar a deficiência de cada um desses elementos no solo e definir o fertilizante ideal, é recomendado realizar uma análise de solo. No entanto, devido às características específicas de obras rodoviárias, que se estendem por longos trechos e possuem diferentes tipos de solo, recomenda-se considerar que o solo, de maneira geral, apresenta baixa fertilidade e condições físicas e químicas, como baixos níveis de nutrientes essenciais e baixo pH e matéria orgânica. Não havendo qualquer análise ou informação sobre o solo recomenda-se adotar o fertilizante químico NPK: 05-20-10 como genérico. Esta consideração é adotada em todas as composições de hidrossemeadura apresentadas nesta cartilha.

3.3.2. Uréia ou Sulfato de Amônio

A Uréia ou Sulfato de Amônio são compostos formados basicamente por Nitrogênio e são utilizados para a adubação de cobertura, quando necessário. A adubação de cobertura ocorre entre 30 e 40 dias após o processo de semeadura. O tempo certo para a adubação deve ser avaliado pelo responsável técnico da empresa executora.

3.3.3. Fertilizante Organomineral Bioativado

A principal função do fertilizante organomineral bioativado é melhorar as características físico-químicas do solo por meio de atividade microbiótica, aumento da retenção dos nutrientes e fornecimento de micronutrientes. Os principais produtos utilizados são a base de turfa e aditivados com fertilizantes minerais.

O Fertilizante Organomineral Bioativado deve ser composto, por no mínimo, 3% de Nitrogênio, 8% de Fósforo total, 4% de Potássio solúvel, 10% de cálcio, 2% de Enxofre, 1% de Magnésio e 8% de Carbono orgânico. Ele deve conter instruções de uso impressas na

embalagem, bem como informações de riscos, conforme a norma NFPA 704 ou GHS da ONU. Essas informações são de suma importância para o uso correto e seguro do produto.

O Fertilizante Organomineral deve ser Bioativado, ou seja, deve conter em sua composição microrganismos benéficos ao solo e as plantas. Esses microrganismos são responsáveis pela melhoria da qualidade do solo e pela sustentabilidade do plantio realizado.

Recomenda-se evitar o uso de esterco não estabilizados como cama de aviário por exemplo devido ao mau odor que pode gerar condições degradantes de trabalho aos operadores.

3.3.4. Corretivo de Solo

O corretivo de solo para hidrossemeadura é utilizado para aumentar o pH dos solos, geralmente ácidos, no Brasil. Ele deve conter em sua composição: 70% Silicato de Cálcio e Magnésio e 30% Gesso Agrícola. Deve ser apresentado na forma de pó fino para evitar entupimentos. A diferença deste produto para outros corretivos convencionais é que ele pode ser misturado na própria hidrossemeadura juntamente com todos outros produtos e aplicado numa única etapa.

Os corretivos de solo convencionais como calcário (dolomítico ou calcítico) não devem ser utilizados na mistura da hidrossemeadura. Caso opte-se por utilizar calcário, a correção do solo deverá ser feita anteriormente a aplicação da hidrossemeadura, seguindo os procedimentos definidos por técnico responsável.

O corretivo de solo para hidrossemeadura deve conter instruções de uso impressas na embalagem, bem como informações de riscos, conforme a norma NFPA 704 ou GHS da ONU. Essas informações são de suma importância para o uso correto e seguro dos produtos. O corretivo de solo não deve ser considerado produto químico de toxicidade aguda, conforme norma GHS da ONU.

3.4 Sementes

A seleção das espécies vegetais corretas e a qualidade das suas sementes representam um fator decisivo no sucesso da implantação do revestimento vegetal por hidrossemeadura

em qualquer tipo de área. São passíveis de ser utilizadas em obras rodoviárias as espécies produzidas comercialmente, que normalmente são espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras utilizadas na agricultura e adaptadas à região. Deve-se dar preferência a sementes com alto percentual de pureza e germinação. As sementes deverão obedecer aos padrões mínimos de germinação exigidos pelo Ministério da Agricultura (MAPA), conforme Instrução Normativa:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/Minuta-deIneAnexosForrageirasTropicais.pdf>

As principais espécies disponíveis no mercado e comumente utilizadas são:

Gramíneas

Brachiaria decumbens - Capim Braquiária (Permanente)

Brachiaria ruziziensis - Capim Congo (Permanente)

Brachiaria brizantha - Braquirão (Permanente)

Melinis minutiflora - Capim Gordura (Permanente)

Panicum maximum - Capim Mombaça (Permanente)

Penisetum glaucum - Milheto (Temporária de Verão)

Setaria italica - Painço (Temporária de Verão)

Avena strigosa - Aveia-Preta (Temporária de Inverno)

Lolium multiflorum - Azevém (Temporária de Inverno)

Cynodon dactylon - Grama Bermuda (Permanente)

Axonopus compressus - Grama São Carlos (Permanente - NATIVA)

Paspalum notatum - Grama Pensacola (Permanente - NATIVA)

Festuca - Grama Festuca (Permanente na serra)

Pannisetum clandestinum - Grama Santa Catarina (Permanente)

Pennisetum setosum - Capim Custódio (Permanente - NATIVA)

Digitaria insularis - Capim Amargoso (Permanente - NATIVA)

Cenchrus echinatus - Capim Carrapicho (Permanente - NATIVA)

Leguminosas & outras

Calopogonium mucunoides - Calopogônio (Permanente - NATIVA)

Crotalaria spectabilis - Chocalho de cobra (Temporária de Verão)

Trifolium repens - Trevo-branco (Temporária de Inverno)

Raphanus sativus L. - Nabo-forrageiro (Temporária de Inverno)

Vicia cracca - Ervilhaca (Temporária de Inverno)

Fagopyrum esculentum - Trigo Mourisco (Temporária de Inverno)

Alternanthera tenella - Apaga-fogo (Permanente - NATIVA)

Ipomoea triloba - Corda de Viola (Permanente)

Stylosanthes - Estilosantes (Permanente - NATIVA)

Mimosa pudica - Dormideira (NATIVA)

Arachis pintoi - Amendoim-forrageiro (Permanente - NATIVA)

*O uso de determinadas espécies deve respeitar legislações ambientais locais e diretrizes de restauração ecológica.

O mix de sementes deve conter, no mínimo, quatro espécies diferentes, incluindo espécies permanentes, temporárias e, preferencialmente, gramíneas e leguminosas. A quantidade de sementes aumenta conforme o grau de dificuldade da área a ser realizada a aplicação do Hidrossemeadura e as recomendações de quantidades são apresentadas no capítulo EXECUÇÃO. Dependendo do objetivo do projeto, pode-se definir um mix mais apropriado. Um exemplo são as rodovias, onde deve-se dar preferência a gramíneas mais baixas, a fim de exigir menor manutenção com roçadas.

Projetos em Áreas de Preservação Permanente (APP) ou próximos a ecossistemas sensíveis necessitam do uso exclusivo de espécies de plantas nativas. Algumas plantas nativas encontradas no mercado são descritas na listagem acima. Essas espécies podem não estar regulamentadas no MAPA por não serem produzidas em campos de produção, mas sim coletadas na natureza. Dessa forma, não será possível obter seus Termos de Conformidade, apesar da viabilidade de germinação.

O Termo de Conformidade das Sementes é um documento oficial que atesta que o lote de sementes produzido está em confor-

midade com os padrões mínimos de qualidade e normas estabelecidas pelo MAPA. Este documento é assinado por um responsável técnico, que é um profissional habilitado e credenciado pela empresa produtora ou reembaladora das sementes.

A ABRAHCE considera que o Boletim de Análise de Semente, contendo no mínimo Germinação, é suficiente para constatar a qualidade e viabilidade das sementes utilizadas nos processos de Hidrossemeadura. Entendemos que muitas espécies, principalmente nativas, não possuem padrões mínimos definidos nas normativas do MAPA e desta forma não podem ser avaliadas conforme tais normativas.

4. EQUIPAMENTOS PARA HIDROSSEMEADURA

Os equipamentos de hidrossemeadura são específicos para a atividade, embora também possam ser utilizados para outras funções como: tanque de água, lavagem de vias e sinalização, bombeiro, entre outros. Eles consistem basicamente de um compartimento tanque com eixo misturador central, com pás acionados por motores hidráulicos, e com possibilidade de rotação para os dois sentidos. Estes equipamentos já contam com sistemas para trituração do Mulch de Fibra de Madeira, podendo esta ocorrer no eixo misturador ou externamente, na escotilha de acesso ao tanque. Possuem uma bomba, normalmente do tipo centrífuga com rotor semi-aberto, específica para bombear uma calda bem grossa.

Atualmente a linha de equipamentos para hidrossemeadura disponível no mercado nacional engloba equipamentos desde supercompactos, de 500 Litros de capacidade, até equipamentos de alta capacidade com tanques de 12.000 Litros. Abaixo segue uma tabela comparativa com capacidades e produtividades médias de equipamentos de hidrossemeadura:

Volume do equipamento	Rendimento por tanque
500L	60 a 125m ²
2000L	250 a 375 a m ²
4000L	500 a 1.000 m ²
8000L	1.000 a 2.000 m ²
12000L	1.500 a 3.000 m ²

O equipamento mais popular no Brasil é um modelo reboque com capacidade de 2000 litros. Este equipamento pode ser utilizado em todo tipo de obra, devido à sua capacidade produtiva de cerca de 3.000 m²/dia.

Importante frisar que a ABRAHCE recomenda a avaliação da documentação de segurança e certificações dos equipamentos de hidrossemeadura utilizados em todo território nacion-

al. De modo especial, proprietários de equipamentos tipo reboque devem se atentar para os documentos CAT (Certificado de Adequação a Legislação de Trânsito) emitido pelo DENATRAN, em nome do fabricante e campo carroceria tipo TANQUE. Da mesma forma, equipamentos em reboque devem ter o CCT (Certificado de Capacitação Técnica) emitido pelo INMETRO, em nome do fabricante e campo Carroceria tipo TANQUE. Esta documentação é indispensável para a segurança operacional e de trânsito dos equipamentos.

Dependendo da logística e do cronograma da obra, podem ser utilizados equipamentos de suporte ao plantio, como caminhão pipa para transporte de água até o equipamento de hidrossemeadura, além de irrigação durante períodos de chuva escassa. Outros equipamentos de suporte ao plantio podem incluir empilhadeira, tratores e caminhão munck.



Foto 4: Conjunto de caminhonete e equipamento de hidrossemeadura modelo reboque com capacidade de 2000L.

5. EXECUÇÃO

5.1 Preparo de Solo

Uma das principais características da hidrossemeadura moderna é que, com o uso dos materiais de alta performance, como os mulches de primeira linha, aboliu-se os preparos de solo exigidos anteriormente, como o coveamento e o picoteamento. Dessa forma, o solo destinado à aplicação de hidrossemeadura deve apenas estar livre de material solto ou detritos, e preferencialmente, sem grandes erosões.



Fotos 5, 6 e 7: Taludes com aplicação de Hidrossemeadura sem nenhum tipo de preparo de solo ou coveamento.

A ABRAHCE reforça que desaconselha e contraindica o serviço de coveamento/ picoteamento do solo devido aos riscos e condições degradantes de trabalho para os colaboradores envolvidos.

Atenção deve ser dada à drenagem de crista em taludes (Vala para direcionar a água e evitar que escorra sobre os taludes), a fim de controlar eventuais fluxos de água durante fortes chuvas o que pode comprometer a fixação da camada protetora aplicada por hidrossemeadura.

5.2 Preparo da Mistura e Aplicação

A execução da hidrossemeadura consiste basicamente do preparo da mistura no equipamento e o lançamento desta sobre a superfície a ser revestida com vegetação.

O preparo da mistura no tanque seguirá a seguinte ordem:

- 1) Fixador:** Com o tanque 90% cheio de água, deve-se ligar o misturador e adicionar o Fixador em pó para Hidrossemeadura;
- 2) Mulch:** Na sequência, deve-se adicionar o Mulch. Caso o equipamento usado não conte com triturador de Mulch, este deverá ser debulhado em pequenos pedaços antes de adicionado.
- 3) Sementes:** Após a adição de todo o Mulch, adiciona-se o mix de sementes.
- 4) Fertilizantes:** Por fim, adicionam-se os corretivos de solo e os fertilizantes.

Note que é importante adicionar fertilizantes e corretivos de solo por último no tanque de modo a minimizar sua dissolução na água e possíveis reações adversas com o fixador.

A aplicação propriamente dita (lançamento da mistura) deve ser feita pulverizando-se uniformemente a mistura sobre a superfície. Durante todo o processo de aplicação, o misturador do equipamento deverá estar em constante movimento para garantir a suspensão do material e a homogeneização da mistura no tanque.

Para aplicações a curtas distâncias, deve-se utilizar a ponteira tipo leque para melhor distribuição do material. Já a ponteira de longa distância permite maior alcance, em cristas de taludes, por exemplo.

PONTEIRA
CURTA DISTÂNCIA



PONTEIRA
LONGA DISTÂNCIA



Fotos 8 e 9: Aplicação com ponteira tipo leque (à esquerda) e ponteira para longa distância (à direita).

5.2.1 Aplicação Hidrossemeadura tipo Grama

O rendimento da mistura, considerando um equipamento de 2.000 L, é de no máximo 250 m² por tanque, ou seja 8 L/m² na Hidrossemeadura para Grama Líquida.

A seguir, listamos a composição utilizada em um equipamento de 2.000 L para a aplicação de Grama Líquida em uma área média de 250 m² para formação de gramado. Observe a tabela ao lado.

Tabela de Materiais: Hidrossemeadura tipo Grama

Ítem	Composição	Qtidade / 250 m ² (kg)	Qtidade / 1000 m ² (kg)	Qtidade / 10.000 m ² (kg)
Sementes para grama	Grama bermuda (cynodon dactylon) germinação mínima 85%.	10,0	40,0	400,0
Fertilizante químico	Npk 05-20-10	12,5	50,0	500,0
Corretivo de solo	Corretivo de ph do solo	12,5	50,0	500,0
Mulch de Fibra de madeira com matéria orgânica	Fibra de madeira refinada termo-mecanicamente 67%. Adubo orgânico 33%. Cor: verde.	80,0	320,0	3200,0
Fixador para hidrossemeadura	Fixador em pó	20,0	80,0	800,0

Total de Materiais: 135,0 / 540,0 / 5400,0

5.2.2 Aplicação hidrossemeadura para áreas com inclinação até 45° graus

O rendimento da mistura leva em consideração a declividade do local. De maneira geral, um equipamento de 2.000 L para aplicação de Hidrossemeadura para áreas com inclinação até 45° graus terá um rendimento máximo de 375 m² por tanque, ou 5,3 L/m².

A seguir, listamos a composição usada em um equipamento de 2.000 L para aplicação de Hidrossemeadura em taludes de até 45° graus de inclinação, em uma área média de aplicação de 375 m². Observe a tabela ao lado.

A coluna 4, é apresentado o total de insumos para plantar 1000 m², e na coluna 5, o total de insumos para 10.000 m². Para calcular o total de insumos para áreas maiores, pode-se usar os quantitativos destas últimas colunas para extrapolar a quantidade de área desejada. A gramatura resultante dessa aplicação fica em 332,7 gramas por cada metro quadrado.

A gramatura de 332 g/m² oferece uma proteção do solo mediana quando comparado à gramatura de hidrossemeadura para áreas mais inclinadas, por exemplo. Por isso, essa hidrossemeadura é recomendada em áreas de solo mais fáceis, onde a proteção do solo não representa uma condição crítica. Para situações críticas, deve-se optar sempre por maior gramatura da camada aplicada.

Tabela de Materiais: Hidrossemeadura para áreas com inclinação até 45° graus

Ítem	Composição	Qtidade / 375 m ² (kg)	Qtidade / 1000 m ² (kg)	Qtidade / 10.000 m ² (kg)
Sementes para grama	Mix Gramineas Baixas. Composição (Brachiária ruziziensis, Capim Gordura, Capim Custódio, Painço)	10,0	26,7	267,0
Fertilizante químico	NPK 05-20-10	12,5	35,7	357,0
Fertilizante organomineral bioativado	Fertilizante Bioativado composto por Turfa e Rocha fosfática	12,5	35,7	357,0
Mulch fibra de madeira	100% Fibra de madeira refinada termo-mecanicamente. Cor Verde.	68,0	181,3	1813,0
Fixador para hidrossemeadura até 45° graus	Fixador em pó	20,0	53,3	533,0

Total de Materiais: 123,0 / 332,7 / 3327,0

5.2.3 Aplicação hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45° e 60° graus

O rendimento da mistura leva em consideração a declividade do local. De maneira geral, um equipamento de 2.000 L para aplicação de nestas condições terá um rendimento máximo de 250 m² por tanque, ou 8 L/m².

A seguir, listamos a composição usada em um equipamento de 2.000 L para aplicação de hidrossemeadura para áreas com inclinação de 45° e até 60° graus em taludes com inclinações de até 60 graus, em uma área média de aplicação de 250 m². Nestas condições, 1 tanque de 2.000L de material terá um rendimento de até 250 m², ou seja 8 L/m². Observe a tabela ao lado.

Na coluna 4, é apresentado o total de insumos para plantar 1000 m², e na coluna 5, o total de insumos para 10.000 m². Para calcular o total de insumos para áreas maiores, pode-se usar os quantitativos destas últimas colunas para extrapolar a quantidade necessária para a área desejada.

A gramatura de 540 g/m² oferece uma alta proteção do solo. Por isso, recomendamos o uso da camada protetora de solo sempre que a situação exigir maior proteção do solo. Visualmente, não deve ser possível ver solo exposto após a aplicação da gramatura adequada de material, conforme ilustrado na foto a seguir.

Tabela de Materiais: Hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45° e 60° graus

Ítem	Composição	Qtidade / 250 m ² (kg)	Qtidade / 1000 m ² (kg)	Qtidade / 10.000 m ² (kg)
Sementes para grama	Mix Gramineas Baixas. Composição (Brachiária ruziziensis, Capim Gordura, Capim Custódio, Painço)	10,0	40,0	400,0
Fertilizante químico	NPK 05-20-10	12,5	50,0	500,0
Corretivo de solo	Corretivo de ph do solo	12,5	50,0	500,0
Mulch de Fibra de madeira com matéria orgânica	Fibra de madeira refinada termo-mecanicamente 67%. Adubo orgânico 33%. Cor: verde.	80,0	320,0	3200,0
Fixador para hidrossemeadura acima de 45° graus	Fixador em pó	20,0	80,0	800,0

Total de Materiais: 135,0 / 540,0 / 5400,0

5.3 Gramatura, volume e critérios técnicos

A gramatura da manta projetada (quantidade total dos insumos em gramas por metro quadrado) nos diferentes tipos de hidrossemeadura é fundamental para o desempenho do plantio. Valores abaixo do recomendado comprometem a retenção hídrica e podem resultar em falhas.

Padrões ABRAHCE:

- Hidrossemeadura de Grama: $\geq 540 \text{ g/m}^2$ (alta proteção)
- Hidrossemeadura para áreas com inclinação até 45° graus: $\geq 330 \text{ g/m}^2$ (média proteção)
- Hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45° e 60° graus: $\geq 540 \text{ g/m}^2$ (alta proteção)



Hidrossemeadura (332 g/m^2)



Hidrossemeadura (540 g/m^2)

Fotos 10 e 11: Diferenças da gramatura de material aplicado na hidrossemeadura para áreas com inclinação de até 45° graus (à esquerda) e hidrossemeadura para áreas com inclinação entre 45° e 60° graus (à direita).

5.4 Cuidados pós plantio

5.4.1 Adubação de cobertura / fertilização

Caso o desenvolvimento da vegetação esteja lento após sua germinação e as plantas apresentarem sinais de desnutrição, como folhas amareladas, por exemplo, deve-se executar a adubação de cobertura. Esta consiste em irrigar as áreas com água misturada a fertilizantes nitrogenados, como ureia ou sulfato de amônio, na base de 10 kg de um destes para cada 2.000 L de água. Caso exista uma análise de solo disponível, seguir recomendações do técnico responsável.

Adubação de cobertura, também conhecida por fertirrigação, normalmente é feita entre os dias 30 e 40 após o plantio. Nesta fase, as plântulas que emergiram já possuem sistema radicular formado e rapidamente irão absorver os nutrientes aplicados na adubação de cobertura. Caso se verifiquem anomalias no desenvolvimento das plantas, uma análise mais detalhada do solo pode ser feita e avaliada pelo engenheiro responsável da empresa para os trabalhos.

5.4.2 Irrigação

Caso seja necessário a irrigação para germinação das plantas ou para manter a vegetação viva nos períodos de estiagem severa, deve-se fazer isso com o auxílio de caminhão tanque. Deve-se aplicar na média de $5\text{-}10 \text{ L/m}^2$ nas áreas irrigadas. Este volume pode ser maior conforme fatores como calor excessivo, estiagem extrema ou solos arenosos. Cuidados devem ser tomados para que se aplique o volume certo, pois, caso contrário, a irrigação não surtirá efeito. Da mesma forma, deve-se aplicar o spray de forma leve, a fim de não remover o material aplicado ou criar erosão pelo jato de água.

5.4.3 Isolamento das áreas

Pode ser necessário o isolamento das áreas plantadas com cercas em regiões com presença de animais. É comum a perda de trabalhos de hidrossemeadura devido ao pastoreio e pisoteio realizado por animais logo após a germinação das plantas.

5.5 A Vegetação como Elemento Estrutural Complementar nas Obras de Contenção: Hidrossemeadura Aplicada ao Solo Grampeado Verde

Historicamente, as obras de contenção em engenharia geotécnica foram concebidas com foco predominante na estabilidade mecânica dos maciços, priorizando fatores como resistência ao cisalhamento, drenagem interna e capacidade de suporte das estruturas de reforço. Contudo, nas últimas décadas, observa-se uma evolução conceitual significativa, na qual soluções puramente estruturais vêm sendo progressivamente integradas a técnicas de bioengenharia de solos.

Nesse contexto, a vegetação deixa de ser apenas um elemento paisagístico para assumir papel técnico fundamental na proteção superficial dos taludes, no controle dos processos erosivos e na melhoria do comportamento hidrológico dos maciços. Entre as técnicas mais eficientes para implantação rápida e tecnicamente controlada da cobertura vegetal destaca-se a hidrossemeadura, especialmente quando associada a sistemas de contenção como o solo grampeado verde.

A associação entre reforço mecânico do solo e revegetação tecnicamente orientada cria um sistema híbrido altamente eficiente, capaz de unir estabilidade geotécnica, durabilidade da obra, mitigação ambiental e integração paisagística.

5.5.1 Processos Erosivos e a Importância da Proteção Superficial em Taludes Contidos

Mesmo quando os fatores de segurança globais estão adequadamente atendidos por sistemas de contenção, a superfície dos taludes permanece vulnerável a processos erosivos induzidos por impacto direto das gotas de chuva; escoamento superficial concentrado; variações térmicas; e ressecamento e perda de coesão superficial.

A erosão progressiva pode gerar sulcos, ravinas e remoção do material fino, comprometendo o desempenho dos sistemas de

drenagem superficial; a durabilidade do revestimento; a estabilidade local entre grampos; e a estética e funcionalidade ambiental da obra.

É justamente nesse ponto que a cobertura vegetal implantada por hidrossemeadura atua como uma camada protetora multifuncional, criando uma barreira física contra a energia da chuva, estabilizando os grãos superficiais do solo e regulando o fluxo hídrico.

5.5.2. O Conceito de Solo Grampeado Verde

O solo grampeado verde representa a evolução sustentável do sistema tradicional de solo grampeado. Enquanto os grampos e eventuais telas metálicas garantem a estabilidade interna do maciço, a superfície é protegida por técnicas de revegetação de alto desempenho, como a hidrossemeadura associada a geomantas.



Foto 12: Solo verde grampeado recebendo aplicação de hidrossemeadura.

Nesse sistema os grampos absorvem os esforços de tração e cisalhamento; o solo permanece estruturalmente reforçado; a vegetação estabiliza superficialmente o talude; e o sistema de drenagem é protegido contra assoreamento e erosão.

Cria-se, assim, uma contenção tecnicamente robusta, ambientalmente integrada e de alta durabilidade.



Foto 13: Junção de 2 fotos mostrando (à esquerda) obra de solo verde grampeado já com vegetação estabelecida e (à direita) recebendo aplicação de hidrossemeadura.

5.5.3 Contribuições Geotécnicas Diretas da Vegetação em Taludes Contidos

5.5.3.1 Reforço Superficial por Entrelaçamento Radicular

O sistema radicular das plantas atua como uma malha natural de reforço superficial, aumentando a coesão aparente do solo; a resistência à erosão laminar; e a estabilidade local entre pontos de ancoragem.

Embora não substitua os grampos estruturais, a vegetação contribui significativamente para a estabilidade da camada mais crítica em termos de degradação: a superfície do talude.

Importante ressaltar que para geomantas tridimensionais como a mostrada na foto abaixo, a hidrossemeadura é usada para preencher os vazios da geomanta, ou seja, a aplicação é feita por cima da geomanta já instalada. Quando bem instalada, em contato com o solo, as plantas irão germinar e suas raízes irão entrelaçar com a geomanta e fixar-se ao solo, assim criando uma fixação natural significativa. Por outro lado, quando a geomanta é instalada com espaço entre solo e hidrossemeadura é realizada por baixo da geomanta, as plantas ao crescerem irão “empurrar” a geomanta com suas folhas enquanto crescem, o que não é desejado.



Foto 14: Detalhe do entrelaçamento das raízes da vegetação com a geomanta.

5.5.3.2 Controle Hidrológico e Drenagem Natural

A cobertura vegetal promove maior infiltração controlada; redução do escoamento superficial concentrado; dissipação da energia hidráulica; e a proteção de drenos e canaletas.

Com isso, diminui-se a probabilidade de formação de sulcos erosivos e sobrecargas hidráulicas superficiais que podem comprometer o desempenho da contenção.

5.5.3.3 Regulação Térmica do Maciço

A vegetação reduz variações extremas de temperatura na superfície do solo, evitando ciclos de retração e expansão que favorecem fissuração e desagregação superficial.

5.5.4 Hidrossemeadura como Técnica Ideal para Taludes com Solo Grampeado

A aplicação da hidrossemeadura em taludes contidos apresenta vantagens técnicas relevantes:

- Cobertura uniforme mesmo em grandes inclinações;
- Alta aderência da manta protetora;
- Rápida implantação;
- Adaptação a diferentes geometrias de talude;
- Possibilidade de ajustes de gramatura conforme criticidade geotécnica.

Nas hidrossemeaduras em obras de contenção, deve-se utilizar a hidrossemeadura para áreas com alta inclinação conforme descrito no item 5.2.3.

5.5.5 Benefícios Ambientais Associados à Estabilidade Estrutural

Além das vantagens geotécnicas diretas, o solo grampeado verde com hidrossemeadura promove:

- Recuperação ambiental imediata;
- Integração paisagística das obras;
- Redução de ilhas de calor;
- Melhoria da biodiversidade local;
- Maior aceitação social das intervenções de engenharia.

Esses fatores são cada vez mais exigidos em licenciamentos ambientais e projetos de infraestrutura sustentável.

5.5.6. Diretrizes Técnicas para Aplicação em Obras de Contenção

Para garantir desempenho geotécnico adequado, recomenda-se o uso de hidrossemeadura de alta gramatura; escolha de espécies vegetais adaptadas ao clima e ao solo local; atenção especial à drenagem de crista; aplicação imediata após a execução da contenção; e o monitoramento inicial da germinação.

A correta especificação técnica da hidrossemeadura é determinante para o sucesso do sistema solo-estrutura-vegetação.

5.5.7. Considerações

A integração da hidrossemeadura às obras de contenção, especialmente no contexto do solo grampeado verde, representa um avanço significativo da engenharia geotécnica moderna. Trata-se de uma solução que alia:

- Estabilidade estrutural;
- Durabilidade da obra;
- Controle de erosão;
- Eficiência hidráulica;
- Sustentabilidade ambiental.

A vegetação deixa de ser mero acabamento e passa a compor o próprio sistema de estabilidade superficial do maciço.

A engenharia contemporânea exige soluções que sejam tecnicamente seguras, ambientalmente responsáveis e economicamente eficientes – e o solo grampeado verde com hidrossemeadura se consolida como uma das respostas mais completas a esse desafio.

6. MEDIÇÃO E FISCALIZAÇÃO

6.1 Critérios de medição e pagamento

A medição das áreas para pagamento dos serviços normalmente é feita na unidade de metro quadrado de solução aplicada. Para essa etapa, é fundamental a pigmentação verde dos mulches de modo a facilitar a visualização para fiscalização e medição das áreas aplicadas.

Deve ser realizada uma avaliação de germinação entre 20 e 30 dias após o plantio. Este procedimento consiste em uma inspeção visual da área de plantio e na avaliação da presença de plântulas em desenvolvimento, cobrindo toda a área. É importante notar que o desenvolvimento da vegetação pode não ser homogêneo por toda a área e pode variar conforme os tipos de solo, as inclinações e até mesmo a posição das áreas em relação ao sol. Portanto, a avaliação da germinação deve considerar a presença ou ausência de plântulas na área, e não o estágio de desenvolvimento das plantas (altura das plantas).

Durante os períodos de chuva, as áreas sem presença de plântulas aos 60 dias após o plantio devem sofrer o replantio. A depender da estratégia do projeto, é possível realizar o plantio durante épocas de seca, porém sem a expectativa de germinação antes da chegada das chuvas. Nestes casos, a avaliação deverá ser somente da cobertura do solo pela camada de proteção (Mulch, fixador, sementes e fertilizantes).

Entre 90 e 120 dias após o plantio, durante épocas de chuva, as áreas devem estar totalmente cobertas por vegetação. Nesta fase é possível avaliar a presença de algumas falhas (buracos sem vegetação) e solicitar a correção pela empresa aplicadora. Da mesma forma, deve-se observar a sanidade da vegetação e presença das espécies do mix de sementes do projeto e avaliar se existe algum tipo de deficiência nutricional. Os indicativos de deficiência nutricional podem ser observados por folhas amareladas, queimadas nas extremidades ou arroxeadas.

POSFÁCIO – O FUTURO DA HIDROSSEMEADURA

A hidrossemeadura no Brasil deixou de ser uma técnica emergente. Hoje, ela se consolida como uma solução madura de engenharia ambiental, capaz de responder a desafios reais de controle de erosão, revegetação e recuperação de áreas degradadas em diferentes escalas. No entanto, o que foi apresentado nesta cartilha representa apenas o ponto de partida de uma transformação muito mais ampla que já está em curso.

O futuro da hidrossemeadura será definido pela convergência entre engenharia, tecnologia, biologia e dados, e o Brasil tem todas as condições de assumir protagonismo global nesse processo.

Hidrossemeadura e a Indústria 4.0

A próxima geração de equipamentos de hidrossemeadura estará profundamente conectada aos princípios da Indústria 4.0. Máquinas deixarão de ser apenas sistemas mecânicos de mistura e lançamento de insumos para se tornarem plataformas inteligentes de aplicação ambiental.

A Internet das Coisas (IoT) permitirá que equipamentos de hidrossemeadura sejam conectados em tempo real, coletando dados operacionais como volume aplicado, área efetivamente coberta, gramatura real por metro quadrado, tempo de aplicação, consumo de insumos e condições climáticas durante o plantio. Essas informações poderão ser transmitidas instantaneamente para sistemas de gestão, fiscalização e controle de qualidade, reduzindo falhas, retrabalhos e divergências técnicas.

O uso de Big Data e Analytics permitirá o processamento de grandes volumes de dados provenientes de obras em diferentes regiões do país. A análise desses dados possibilitará identificar padrões de desempenho, correlacionar tipos de solo, clima, inclinação e composição de mistura, além de prever falhas antes que elas ocorram. A hidrossemeadura passará a ser não apenas executada, mas modelada e otimizada com base em evidências reais de campo.

A Inteligência Artificial (IA) será responsável por elevar ainda mais esse nível de precisão. Algoritmos poderão sugerir automaticamente ajustes de composição, gramatura e espécies vegetais com base nas condições específicas de cada área, aprendendo continuamente com os resultados obtidos. No futuro próximo, equipamentos poderão operar com alto grau de autonomia, garantindo repetibilidade técnica, rastreabilidade e confiabilidade nos resultados.

Essa transformação tecnológica não tem como objetivo substituir o profissional, mas potencializar a tomada de decisão técnica, reduzir riscos e elevar o padrão de qualidade das intervenções ambientais.

Hidrossemeadura em larga escala e o papel climático

Globalmente, observa-se uma tendência clara de uso da hidrossemeadura em grandes projetos de recuperação ambiental, especialmente em áreas áridas, semiáridas e degradadas por processos erosivos severos. Países enfrentam hoje o desafio de conter a desertificação, restaurar solos degradados e recompor paisagens capazes de regular ciclos hídricos e térmicos.

Nesse contexto, a hidrossemeadura surge como uma das ferramentas mais eficientes para reconstruir rapidamente a cobertura vegetal, estabilizar o solo e iniciar processos naturais de sucessão ecológica. A recuperação de grandes áreas não é apenas uma questão estética ou ambiental, mas uma estratégia direta de manutenção do clima do planeta, mitigação de ilhas de calor, sequestro de carbono e proteção dos recursos hídricos.

O Brasil, por sua extensão territorial, diversidade de biomas e domínio técnico acumulado, possui condições únicas para liderar projetos de revegetação em larga escala, tanto internamente quanto como fornecedor de soluções para outros países.

Insumos de alta qualidade e ecossistemas mais naturais

O futuro da hidrossemeadura também passa, de forma inevitável, pela elevação do padrão dos insumos utilizados. A padronização técnica apresentada nesta cartilha não deve ser

vista como um limite, mas como uma base mínima a partir da qual a inovação deve avançar.

A tendência é clara: maior uso de sementes nativas, adaptadas aos biomas locais, promovendo ecossistemas mais estáveis, resilientes e integrados à paisagem natural. A introdução consciente de espécies vegetais adequadas reduz manutenção, aumenta a biodiversidade e fortalece a função ecológica das áreas recuperadas.

Da mesma forma, o avanço na qualidade dos mulches, fixadores e fertilizantes permitirá soluções cada vez mais eficientes, seguras e ambientalmente responsáveis, alinhadas às exigências de grandes projetos de infraestrutura e restauração ambiental.

O Brasil como potência global de insumos para hidrossemeadura

Poucos países no mundo reúnem as condições que o Brasil possui. Somos uma das maiores reservas de madeira reflorestada do planeta, com cadeias produtivas consolidadas, sustentáveis e renováveis. Essa base florestal posiciona o Brasil como um fornecedor natural de fibra de madeira de alta qualidade, essencial para a produção de mulches profissionais utilizados em hidrossemeadura.

Além disso, o Brasil é historicamente um celeiro de sementes, tanto de espécies rasteiras quanto de espécies florestais. A diversidade genética disponível, aliada ao conhecimento agrônomico e ambiental acumulado, cria uma oportunidade concreta para que o país se torne referência mundial no fornecimento de sementes para projetos de revegetação, recuperação de áreas degradadas e restauração florestal.

Com organização setorial, padronização técnica e incentivo à pesquisa, o Brasil pode ocupar uma posição estratégica na cadeia global de insumos para hidrossemeadura, exportando não apenas produtos, mas tecnologia, conhecimento e soluções ambientais completas.

Responsabilidade, padronização e visão de longo prazo

O futuro da hidrossemeadura exige responsabilidade. Não haverá espaço para improviso, descarte de resíduos disfarçados de solução ambiental ou práticas que comprometam a credibilidade do setor. A padronização técnica, a rastreabilidade dos insumos e a qualificação dos profissionais serão cada vez mais exigidas por contratantes, órgãos públicos e pela sociedade.

A ABRAHCE nasce e se posiciona exatamente nesse ponto de inflexão histórica: organizar o setor, elevar o nível técnico, proteger as boas práticas e preparar o Brasil para liderar uma nova fase da engenharia ambiental aplicada.

Este posfácio não só encerra esta cartilha. Ele aponta para frente. O futuro da hidrossemeadura será tecnológico, científico, ambientalmente responsável e estrategicamente relevante. E o Brasil, se fizer as escolhas corretas agora, não será apenas usuário dessa tecnologia – será referência mundial.

RAFAEL SILVA
Presidente da Associação Brasileira de Hidrossemeadura – ABRAHCE

GLOSSÁRIO

APP (Área de Preservação Permanente): Área protegida por lei ambiental brasileira, destinada à conservação de recursos hídricos, biodiversidade e estabilidade do solo.

Aducação de cobertura: Aplicação de fertilizante após a germinação das sementes, com o objetivo de reforçar a nutrição das plantas já estabelecidas.

Assoreamento: Acúmulo de sedimentos no leito de rios e cursos d'água, geralmente causado por erosão.

Bioengenharia de solos: Conjunto de técnicas que utilizam vegetação e materiais naturais combinados com engenharia para estabilização e recuperação de áreas degradadas.

Boletim de Análise de Sementes: Documento técnico que informa índices de germinação, pureza e qualidade de um lote de sementes.

Corretivo de solo: Produto utilizado para ajustar características químicas do solo, especialmente o pH.

Drenagem de crista: Sistema de canalização instalado na parte superior de taludes para desviar água da chuva.

Estabilidade estrutural: Capacidade de uma obra ou talude manter sua integridade física sem desmoronamentos.

Fixador: Produto em pó adicionado à mistura para aumentar a aderência do mulch ao solo e entre fibras.

Floresta de Sementes: Método de restauração ecológica baseado na semeadura direta de grande volume de sementes nativas.

Geomantas: Mantas sintéticas ou biodegradáveis utilizadas para proteção e estabilização de solos em taludes.

Gramatura: Quantidade de material aplicado por metro quadrado (g/m²).

Manta de Mulch: Camada fibrosa formada após aplicação da hidrossemeadura.

Microrganismos benéficos: Organismos microscópicos que contribuem para fertilidade e saúde do solo.

Mulch (Superstrato): Material fibroso, geralmente de madeira, aplicado na hidrossemeadura para proteção do solo e retenção de umidade.

NPK: Fertilizante composto por Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

Picoteamento / Coveamento: Técnicas antigas de preparo do solo que consistem em abrir pequenas cavidades ou cortes na superfície.

Plântula: Planta jovem recém-germinada.

Propágulos: Estruturas vegetais capazes de originar novas plantas (sementes, esporos, brotos).

Revegetação: Processo de restabelecimento da cobertura vegetal em uma área degradada.

Silvicultura: Conjunto de técnicas para cultivo e manejo de florestas.

Solo grampeado: Técnica de contenção que utiliza barras metálicas inseridas no solo para estabilização de taludes.

Talude: Superfície inclinada de corte ou aterro em obras de engenharia.

Termo de Conformidade: Documento que atesta que as sementes atendem às normas técnicas vigentes.

Termo-mecanicamente refinado: Processo industrial que utiliza calor e ação mecânica para refinar fibras de madeira.

pH: Medida que indica o nível de acidez ou alcalinidade do solo.

Ângulo de inclinação / Declividade: Grau de inclinação do terreno em relação ao plano horizontal, normalmente expresso em graus.



A Mútua constrói,
com os engenheiros,
uma carreira mais
sólida e segura.



BENEFÍCIOS
REEMBOLSÁVEIS



AJUDA
MÚTUA



GARANTE
SAÚDE



EQUIPA
BEM



FÉRIAS
MAIS



BENEFÍCIOS
SOCIAIS



AUXÍLIO
FUNERAL



PECÚLIO
POR MORTE



AUXÍLIO
PECUNIÁRIO



SAÚDE PARA
VOCÊ E SUA
FAMÍLIA



EXTRAMED
Administradora de Benefícios



PREVIDÊNCIA
PRIVADA
EXCLUSIVA



TECNOPREV

BB PREVIDÊNCIA

MAG
SEGUROS



TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO



mutua
inova+



mutua
celular



MÚTUAVERSO

mutua.com.br (61) 3348-0265 @mutua_sc (48) 3324-2317



A **ABRAHCE** é uma instituição sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento técnico, normativo e sustentável da **HIDROSSEMEADURA** no Brasil. Fundada com o propósito de representar o setor e promover o avanço das boas práticas, a **ABRAHCE** reúne empresas, técnicos, pesquisadores e gestores comprometidos com a excelência na revegetação e no controle de erosão em obras públicas e privadas.



MISSÃO

Promover o uso responsável e eficiente da **HIDROSSEMEADURA** como ferramenta de engenharia ambiental, fortalecendo o setor através da padronização técnica, da educação continuada e da defesa de políticas públicas voltadas à sustentabilidade.



VISÃO

Ser a principal referência nacional em conhecimento, regulamentação e inovação aplicada à **HIDROSSEMEADURA** e ao controle de erosão.



OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Estabelecer padrões técnicos nacionais para a aplicação de **HIDROSSEMEADURA**, definindo metodologias, parâmetros de qualidade e protocolos de desempenho.

Classificar e regulamentar as linhas de produtos, diferenciando os insumos de alta performance de materiais de menor eficiência, garantindo transparência e credibilidade nos processos licitatórios e nas obras ambientais.

Apoiar órgãos públicos e entidades ambientais na elaboração de editais, especificações técnicas e manuais de boas práticas para o controle de erosão e revegetação.

Promover a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e espécies vegetais adequadas aos diferentes biomas brasileiros.

Capacitar profissionais e instituições por meio de palestras, seminários e cursos técnicos, difundindo conhecimento e incentivando o uso consciente dos recursos naturais.

Fomentar a sustentabilidade e a inovação, incentivando o uso de materiais renováveis e biodegradáveis que respeitem o equilíbrio ecológico.

Atuar como representante institucional do setor, fortalecendo a imagem e a relevância da **HIDROSSEMEADURA** junto ao mercado e às instâncias governamentais.

A **ABRAHCE** nasce com o compromisso de elevar o padrão técnico e ético do setor, construindo uma base sólida para o crescimento sustentável da **HIDROSSEMEADURA** no Brasil.



ABRANHCE

Associação Brasileira de Hidrossemeadura
e Controle de Erosão

SOBRADE

Sociedade Brasileira de Recuperação
de Áreas Degradadas

CONFEA

Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA-SC

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Santa Catarina



mútua SC

Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea