

4 - HERBICIDOLOGIA

UNIDADE 4 - HERBICIDOLOGIA

- 4.1 - Conceito
- 4.2 - Histórico
- 4.3 - Propriedades
- 4.4 - Classificação
- 4.5 - Formulação, misturas e interações
- 4.6 - Fatores que influem na eficiência dos herbicidas

4.1 - Conceito

Herbicidas são compostos químicos aplicados em pequenas quantidades e que tem a capacidade de matar ou inibir drasticamente o crescimento de determinadas plantas, muitas vezes sem afetar as culturas. Eliminam assim os prejuízos da interferência das plantas daninhas sobre as culturas. Podem ser usados na agricultura, em áreas de lazer, vias de transporte, áreas industriais (NA), etc...

Legislação

- **DECRETO Nº 4.074, DE 04 DE JANEIRO DE 2.002**
- *Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. O PRESIDENTE DA REPÚBLICA*, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, inciso IV, da Constituição, e tendo em vista o disposto na Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, decreta:
 -
 - **Capítulo I**
 - **Das Disposições Preliminares**
 -
 - **Art. 1º** . Para os efeitos deste Decreto, entende-se por:
 - I - aditivo - substância ou produto adicionado a agrotóxicos, componentes e afins, para melhorar sua ação, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção;
 - II - adjuvante - produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar a sua aplicação;
 - III - agente biológico de controle - o organismo vivo, de ocorrência natural ou obtido por manipulação genética, introduzido no ambiente para o controle de uma população ou de atividades biológicas de outro organismo vivo considerado nocivo;
 - IV - agrotóxicos e afins - produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento; ...

- <http://www.andef.com.br/legislacao/dec4074.htm>

4.2 - Histórico

4.3 - Propriedades (abordadas nas demais unidades)

- Modo de ação
- Propriedades Físico-químicas
- Propriedades Ambientais
- Propriedades Toxicológicas

4.4. Classificação dos herbicidas

- Momento e modo de aplicação
- Espectro de controle ou de ação
- Características físico-químicas
- Grupo químico a que pertencem
- Dinâmica fisiológica
- Mecanismos de Ação
- Grau de toxicidade ao homem e animais
- Persistência no ambiente

4.5 - Formulação, misturas e interações

4.6 Fatores que Afetam a Eficácia da Ação Herbicida

- 1- Planta

- a- estágio de desenvolvimento
- b- densidade populacional (cobertura/molhamento)
- c- estresses mecânicos e ambientais

- 2- Veículo de aplicação

- a- efeito de água com argila
- b- efeito de água dura
- c- efeito do pH da água

- 3- Dose

- a- recomendação
- b- efeito de redução de dose

- 4- Condições ambientais

- a- chuva após a aplicação
- b- umidade relativa do ar
- c- vento
- d- Temperatura (frio, quente)
- e- Efeito de sombra e dias nublados
- f- Efeito de aplicações noturnas
- g- Textura do solo (interação com umidade, ou adsorção (residuais))
- h- Para residuais: pH do solo, matéria orgânica

- i- Para residuais: sistema de preparo do solo
 - 5- Associação com outros herbicidas e adjuvantes
 - a- adjuvantes
 - b- óleo mineral
 - c- compatibilidade com formulações diversas
 - d- compatibilidade com sais (macro e micronutrientes)
 - e- associação (misturas) com outros herbicidas
 - f- associação com outros defensivos (inseticidas, fungicidas)
 - 6- Tecnologia de aplicação
 - a- volume de calda (concentração do herbicida na calda)
 - b- pontas apropriadas (densidade de gotas requerida)
 - c- aplicação aérea
 - d- molhamento do alvo

4.4. Classificação dos herbicidas

- Momento e modo de aplicação

- Antes da semeadura da cultura

Pré-semeadura incorporada (**PSI**) ou pré-plantio incorporado (**PPI**)
Dessecação ou manejo químico

- Após a semeadura e antes da emergência (das plantas daninhas)

Pré-emergência (**PRE**)

- Após a emergência (das plantas daninhas)

Pós-emergência (**POS**)

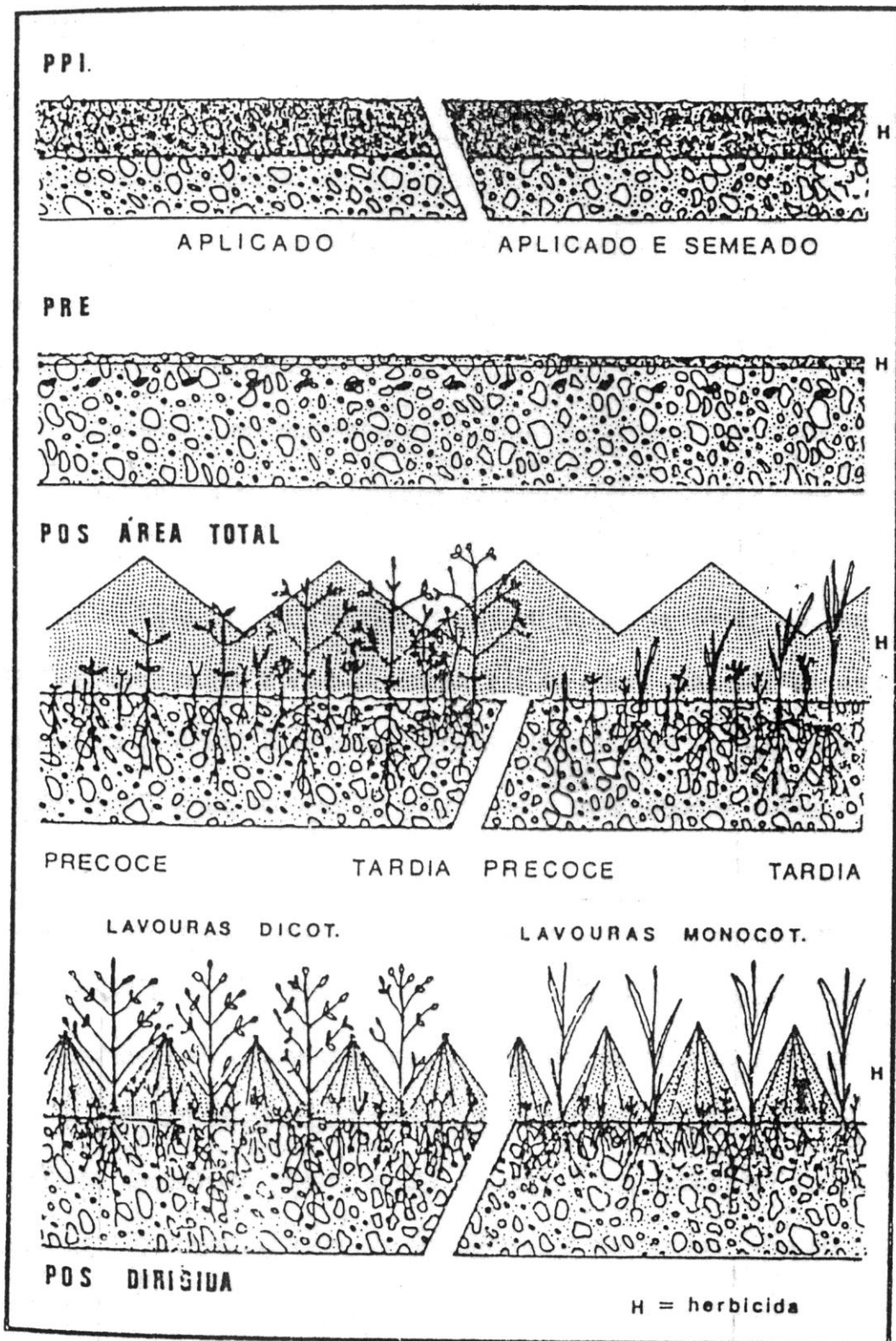
Pós-emergência inicial (uma a duas folhas ou um ou dois pares de folhas)

Pós-emergência normal (três folhas a um perfilho ou dois a quatro pares de folhas)

Pós-emergência tardia (dois a três perfilhos ou quatro a seis pares de folhas)

Tabela 1. Alvo inicial dos herbicidas aplicados em diferentes modalidades, nos sistemas de cultivo convencional e direto.

Modalidade	Sistema de cultivo	
	Convencional	Direto
Pré-semeadura	solo (PSI)	cobertura vegetal
Pré-emergência	solo	solo com palha
Pós-emergência	plantas daninhas	plantas daninhas
Pré-emergência/ Pós-emergência	Pré-germinado Água/plantas daninhas	



Diferentes momentos e modos de aplicação de herbicidas ao solo e sobre as plantas, cultivadas ou daninhas. Deuber, 1991

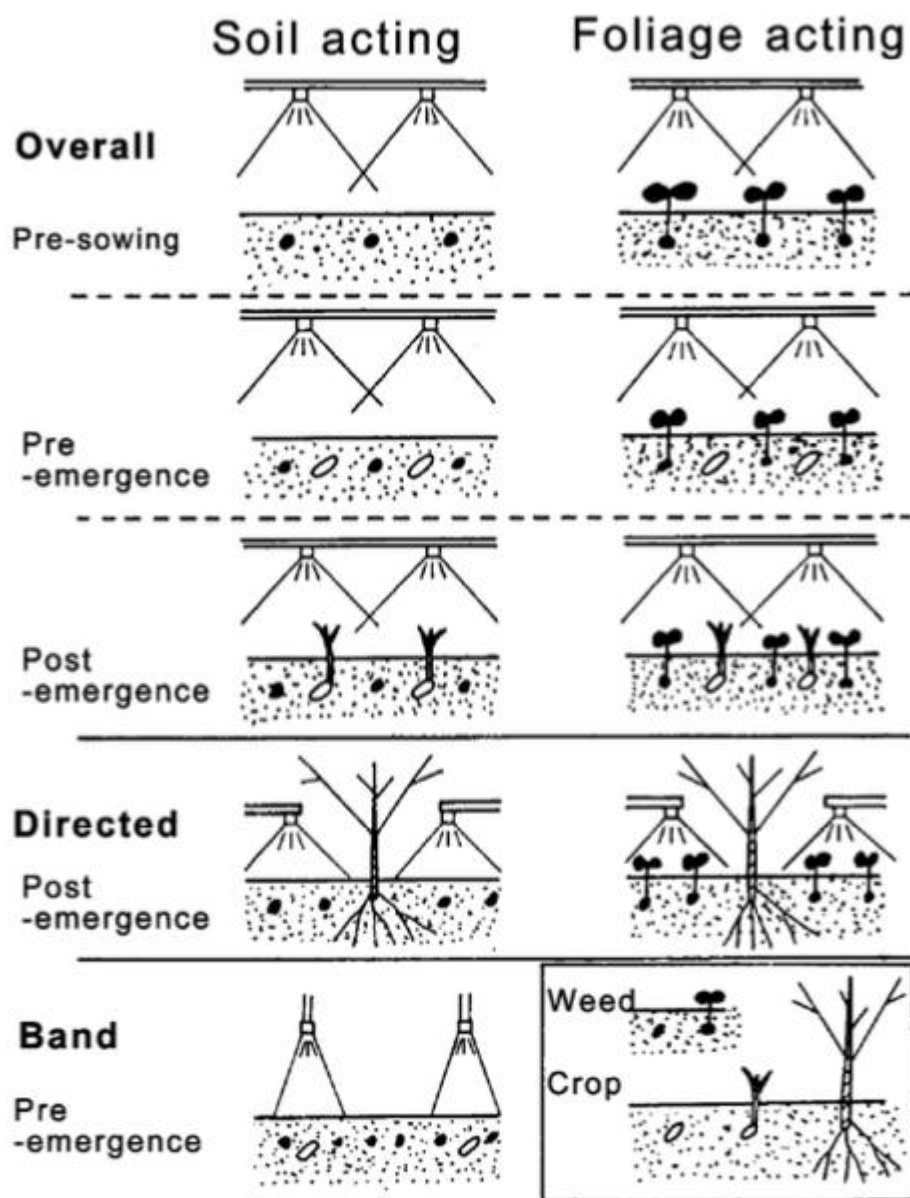


Figure 1.1: How herbicides may be used for weed control in crops (Redrawn after Hance & Holly, 1990).





- **Espectro de controle ou de ação**

- Herbicidas de ação total (não seletivos)
 - sem residual: glifosato, paraquat (gramoxone) e glufosinato
 - com residual: imazapyr (arsenal)
- Herbicidas seletivos
 - Latifolicidas: ex.: bentazon (basagran)
 - Graminícidas: ex.: cletodim (select)
 - De amplo espectro: ex.: nicosulfuron (sanson)

- **Características físico-químicas**

- solubilidade
- pressão de vapor
- pKa, Kow e Koc

- **Grupo químico a que pertencem**

- Família química com mesma molécula básica: ex.: inibidores de accase = fops e dims

inibidores de ALS = sulfoniluréias

e imidazolinonas

- **Dinâmica fisiológica**

- Sistêmicos (móveis) e de contato (de ação tópica ou imóveis)

- **Mecanismos de Ação**

- processo fisiológico alterado (maioria inibição enzimática): ex.: inibidores de ALS, de ACCase, de EPSPS.

- **Grau de toxicidade ao homem e animais**

- Classe I, II, III e IV

- **Persistência no ambiente**

- Meia-vida (dias): curta, média, longa

4.5 - Formulação, misturas e interações

Formulações

Normalmente, as moléculas herbicidas em sua forma pura (ingrediente ativo - i.a. - ou equivalente ácido - e.a.) não podem ser aplicadas nesta condição, por não formar soluções químicas estáveis. Para que possam permanecer estáveis nas embalagens e, depois, formar caldas que possam ser aplicadas pelos pulverizadores, elas devem ser formuladas.

A formulação envolve a mistura da molécula herbicida a solventes, surfactantes e ingredientes inertes que irão viabilizar seu armazenamento, transporte e aplicação, sem a perda de suas propriedades herbicidas. Uma mesma molécula herbicida pode ser formulada de diferentes maneiras, de acordo com as características físico-químicas da molécula. Basicamente, a formulação visa:

1. permitir a dispersão do formulado no veículo (geralmente a água) que possibilita a distribuição uniforme de uma quantidade relativamente pequena (g ou ml) em uma grande área (ha);
2. conferir facilidade de manuseio e armazenamento do produto formulado;
3. aumentar a fitotoxicidade e reduzir a toxicidade, volatilidade e/ou fotodecomposição.

O tipo de formulação que será adotada para um herbicida dependerá das propriedades físico-químicas da molécula, como sua solubilidade na água, óleo e solventes orgânicos e com a forma de aplicação, se misturados a um veículo, como a água, ou aplicado diretamente, na forma de granulado, por exemplo.

A seguir são apresentados os principais tipos de formulações nas quais os herbicidas são produzidos:

Concentrado Solúvel (SL; SAC; Saq C; CS): dissolve-se prontamente na água. A formulação é líquida e é formada pelo ingrediente ativo e aditivos. É adequada para ingredientes ativos polares, de natureza hidrofílica. Quando adicionada à água, forma rapidamente uma calda homogênea, sem precipitados. Não é abrasiva. Ex.: Basagran 600

Concentrado Emulsionável (CE; EC; EW): formulações desse tipo contém o ingrediente ativo e um ou mais solventes e um emulsificante, que permite a mistura com a água. É adequada para ingredientes ativos apolares, de natureza lipofílica. A formulação CE tem normalmente 60-65% (em peso) de herbicida dissolvido em 30-35% do solvente com 3-7% do emulsificante e tipicamente forma uma emulsão opaca ou leitosa quando adicionado à água. Requer pouca agitação, sem risco de separação ou precipitação. Pode ter maior potencial de fitotoxicidade que outras formulações e são mais facilmente absorvidas pela pele de humanos e animais. Seus solventes podem deteriorar as mangueiras e partes plásticas ou de borracha das bombas. Ex.: Verdict R

Suspensão Concentrada (Flowables) (SC; F; FL): formada pelo ingrediente ativo finamente moído, suspenso (disperso) em líquido. Depois de misturada à água, exige constante agitação para permanecer em suspensão. Dificilmente causam entupimento dos bicos. Deixam resíduo visível sobre as folhas tratadas. Ex.: Sanson SC

Pó Molhável (PM; WP): formulação seca, finamente moída, onde o ingrediente ativo é combinado com argila finamente moída e outros aditivos que melhoram a suspensão em água. Tem menor potencial fitotóxico e risco de absorção pela pele e olhos. Tem menor custo. Requer constante agitação, é abrasiva, podem deixar resíduo visível sobre as folhas tratadas e tem risco de inalação. Ex.: Facet PM

Grânulos Dispersíveis (WG; GD; GDA; GRD; GRDA): semelhante ao pó molhável, mas o ingrediente ativo é combinado a uma partícula maior, o grânulo. É mais facilmente misturada à água e medida a quantidade a aplicar, com menor risco de inalação. Ex.: Pacto

Granulados e Pellets (GR; P): para ser aplicada ao solo, água ou sobre a base de plantas daninhas (rosetas). O ingrediente ativo é formulado em grânulos ou "pellets". Não necessita ser misturado ao veículo, estando pronta para ser aplicada. O risco de deriva é baixo, já que as partículas são grandes e caem rapidamente. Não possui aderência à folhagem, pelo que não é usada para este fim e pode necessitar ser incorporada ao solo para obter-se adequada atividade herbicida. Ex.: Ordran GR

Equivalente ácido:

Formulação = ia + inertes (ou...)

= ia + adjuvantes + inertes (para herbicidas polares)

= ia + solventes + emulsificantes + inertes (para herbicidas apolares)

ia = somente o herbicida (ou...)

ia = o herbicida + base (sal) ou éster (para herbicidas ácidos)

Equivalente ácido é a parte do ingrediente ativo que irá atuar efetivamente como herbicida, quando este teve que ser formulado como um sal ou éster da molécula básica (ácido); ex.:

$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{P}-\text{O} \quad \text{H}^+ \\ \qquad \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \qquad \qquad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{P}-\text{O} \quad \text{H}_3\text{N}-\text{CH} \\ \qquad \qquad \qquad \text{OH} \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \qquad \qquad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{P}-\text{O} \quad +\text{S}-\text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \qquad \text{OH} \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array}$
Ácido glifosato	Sal isopropilamina (IPA) do glifosato	Sal trimesium (TMS) do glifosato

ea = (peso molecular do ác. - 1/ peso mol. do sal ou éster) * 100

- Peso molecular do ác. glifosato: 169,07
- Peso molecular do IPA: 228,19 ea = 74%
- Peso molecular do TMS: 245,23 ea = 69%

1 litro de glifosato IPA tem 360 g de ea e 480 g ia
 1 litro de glifosato TMS tem 331 g e ea e 480 g ia

Associações (misturas) de Herbicidas

- Herbicida + Adjuvante
- Herbicida + Herbicida
- Herbicida + Inseticida
- Herbicida + Fertilizante

Interações

- Aditividade

Atrazine + Simazine

Atrazine + Metolachlor

Atrazine + Nicosulfuron

Imazethapyr + Chlorimuron

Acifluorfen + Bentazon

- Sinergismo

Paraquat + Diuron (Gramocil)

Glyphosate + Fluroxypyr

Herbicidas	Dose	Controle
Fluroxypyr	0,2	31
Fluroxypyr	0,3	53
Glyphosate	1,08	29
Fl + Glyphosate	0,2 + 1,08	91 (51)
Fl + Glyphosate	0,3 + 1,08	94 (66)



Sem tratamento



Glyphosate



Fluroxypyr



Fluroxypyr + Glyphosate

- Antagonismo

- Herbicida inibe fotossíntese + Herbicida translocado pelo floema
 - Triazinas, bentazon, paraquat + ... glyphosate, inib ALS...
- Incompatibilidade química
 - Formulações amina + oleosos...
 - Composições salinas (nutrientes) + herbicidas reativos
- Redução de seletividade
 - Herbicidas + inseticidas: nicosulfuron + fosforados

Capim-arroz

Herbicida	Graminicida			
	Cletodim	Sethoxyd.	Fluazifop	Fenoxap.
-	87	84	94	85
Lactofen	53	58	83	62
Imazaquin	23	64	84	54
Chlorimuron	71	60	81	61
Fomesafen	79	66	84	74

Herbicida	Brachiaria		C. Arroz		Alepanse	
	OM	Surf	OM	Surf	OM	Surf
Sethoxydim	89	96	73	90	68	93
S + bentazon	38	78	17	52	0	46
S + chlorim.	87	90	61	80	47	81