



Eletroquímica

- ❖ Ramo da química na qual estuda as reações que envolvem transferência de elétrons para a transformação de energia ou vice e versa (reações redox).

Oxidação

Perde elétrons
Aumenta o NOX
Agente Redutor

Redução

Ganha elétrons
Diminui o NOX
Agente Oxidante

Número de Oxidação (NOX)

É a carga elétrica real de cada íon em uma substância, ou seja, é o número de elétrons que o átomo realmente ganhou ou perdeu em uma reação química. A soma dos NOXs de cada íon em uma substância deve ser igual a carga total da molécula.

Substâncias com NOX fixo:

Nox	Exemplos
Metais Alcalinos (família 1: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)	+1 NaCl +1 K ₂ SO ₄
Metais Alcalino-Terrosos (Família 2: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)	+2 CaO +2 MgCl ₂
Zinco	+2 ZnSO ₄
Prata	+1 AgCl
Alumínio	+3 Al ₂ (SO ₄) ₃

Vale ressaltar que os compostos orgânicos também possuem NOX e sua análise é minúscula. Quanto maior o NOX de um composto orgânico, pior será o combustível. Essa análise deve ser efetuada pensando na molécula e na eletronegatividade de cada composto.



Potenciais Padrão de redução

Para melhor análise das reações de oxido-redução, existe uma tabela de potencial padrão * de redução na qual exibe a reação em si e sua diferença de potencial (ddp). Quanto maior o E_{red}° , maior será a força do agente oxidante (reduz). A equação inversa descrita na tabela é a E_{oxi}° .

*A referência para a tabela é o Hidrogênio ($E_{red}^{\circ} = 0,00 \text{ V}$) e a condição padrão é $[] = 1,0 \text{ mol/L}$; $T = 25^{\circ}\text{C}$ e $P = 1 \text{ bar}$

Semirreação	$E^{\circ} \text{ (V)}$	Semirreação	$E^{\circ} \text{ (V)}$
$\text{F}_2 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{F}^{-}$	+ 2,87	$\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	+ 0,15
$\text{O}_3 + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+ 2,07	$\text{S} + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$	+ 0,14
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{SO}_4^{2-}$	+ 2,01	$\text{AgBr} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag} + \text{Br}^{-}$	+ 0,07
$\text{Ag}^{2+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}^{+}$	+ 1,98	$\text{Ti}^{4+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ti}^{3+}$	+ 0,01
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}^{2+}$	+ 1,81	$2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,78	$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}$	- 0,04
$\text{Au}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Au}$	+ 1,69	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{HO}_2^{-} + \text{OH}^{-}$	- 0,08
$\text{Pb}^{4+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$	+ 1,67	$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Pb}$	- 0,13
$2 \text{HClO} + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,63	$\text{In}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{In}$	- 0,14
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ce}^{3+}$	+ 1,61	$\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}$	- 0,14
$2 \text{HBrO} + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,60	$\text{AgI} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag} + \text{I}^{-}$	- 0,15
$\text{Mn}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	+ 1,51	$\text{CH}_3\text{CO}_2^{-} + 3 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$	- 0,17
$\text{MnO}_4^{-} + 8 \text{H}^{+} + 5 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,51	$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ni}$	- 0,23
$\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Au}$	+ 1,40	$\text{Co}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}$	- 0,28
$\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Cl}^{-}$	+ 1,36	$2 \text{CO}_2 + 7 \text{H}^{+} + 8 \text{e}^{-} \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2^{-} + 2 \text{H}_2\text{O}$	- 0,29
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^{+} + 6 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,33	$\text{In}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{In}$	- 0,34
$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{OH}^{-}$	+ 1,24	$\text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	- 0,36
$\text{ClO}_4^{-} + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}_3^{-} + \text{H}_2\text{O}$	+ 1,23	$\text{Ti}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ti}^{2+}$	- 0,37
$\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,23	$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cd}$	- 0,40
$\text{O}_2 + 4 \text{H}^{+} + 4 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 1,23	$\text{In}^{2+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{In}^{+}$	- 0,40
$\text{Br}_2 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Br}^{-}$	+ 1,09	$\text{Cr}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cr}^{2+}$	- 0,41
$\text{NO}_3^{-} + 4 \text{H}^{+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 0,96	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}$	- 0,44
$2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+ 0,92	$\text{In}^{3+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{In}^{+}$	- 0,44
$\text{ClO}^{-} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cl}^{-} + 2 \text{OH}^{-}$	+ 0,89	$\text{S} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{S}^{2-}$	- 0,48
$\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Hg}$	+ 0,86	$\text{In}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{In}^{2+}$	- 0,49
$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}$	+ 0,80	$\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cr}$	- 0,74
$\text{NO}_3^{-} + 2 \text{H}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+ 0,80	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}$	- 0,76
$\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Hg}$	+ 0,79	$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cd} + 2 \text{OH}^{-}$	- 0,81
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+ 0,77	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^{-}$	- 0,83
$\text{BrO}^{-} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Br}^{-} + 2 \text{OH}^{-}$	+ 0,76	$\text{Cr}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cr}$	- 0,91
$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$	+ 0,62	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^{-}$	- 0,93
$\text{MnO}_4^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^{-}$	+ 0,60	$\text{PO}_4^{3-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{HPO}_3^{2-} + 3 \text{OH}^{-}$	- 1,05
$\text{MnO}_4^{-} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$	+ 0,56	$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}$	- 1,18
$\text{I}_2 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{I}^{-}$	+ 0,54	$\text{V}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{V}$	- 1,19
$\text{I}_3^{-} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 3 \text{I}^{-}$	+ 0,53	$\text{Ti}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ti}$	- 1,63
$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$	+ 0,52	$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Al}$	- 1,66
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$	+ 0,45	$\text{Sc}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Sc}$	- 2,09
$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^{-} \rightarrow 4 \text{OH}^{-}$	+ 0,40	$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mg}$	- 2,36
$\text{ClO}_4^{-} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}_3^{-} + 2 \text{OH}^{-}$	+ 0,36	$\text{Ce}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ce}$	- 2,48
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e}^{-} \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	+ 0,36	$\text{Na}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Na}$	- 2,71
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$	+ 0,34	$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ca}$	- 2,87
$\text{HCO}_3^{-} + 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{HCO}_2^{-} + \text{H}_2\text{O}$	+ 0,31	$\text{Sr}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Sr}$	- 2,89
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{Hg} + 2 \text{Cl}^{-}$	+ 0,27	$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ba}$	- 2,91
$\text{AgCl} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^{-}$	+ 0,22	$\text{Ra}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ra}$	- 2,92
$\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 0,21	$\text{Cs}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cs}$	- 2,92
$\text{Bi}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Bi}$	+ 0,20	$\text{Rb}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Rb}$	- 2,93
$\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+ 0,17	$\text{K}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{K}$	- 2,93
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}^{+}$	+ 0,16	$\text{Li}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Li}$	- 3,05



Espontaneidade de reações eletroquímicas

$$\Delta G_r = - n.F. E$$

n= número de mols de elétrons trocados

F= 96485 C/mol

E= ddp da célula ($E_{\text{red}}^{\circ} + E_{\text{oxi}}^{\circ}$)

** E + \rightarrow espontâneo