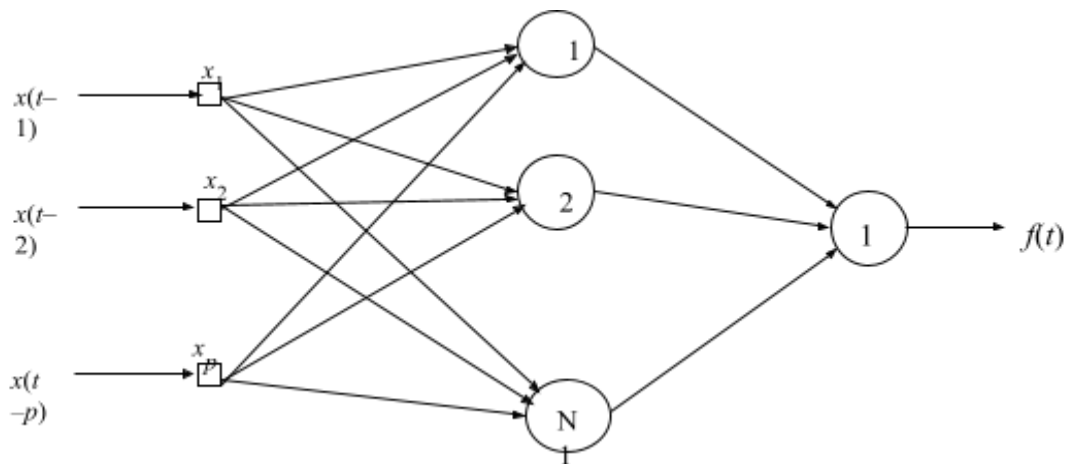


EXERCÍCIO TDNN

Implementar a solução em Python utilizando o Google Colab e responder as questões em forma de relatório. Deve-se apresentar o código em anexo:

O preço de uma determinada mercadoria disposta para ser comercializada no mercado financeiro de ações possui um histórico de variação de valor conforme mostrado na tabela apresentada no Anexo.

Um *pool* de pesquisadores estará tentando aplicar redes neurais para tentar prever o comportamento futuro deste processo. Assim, pretende-se utilizar uma arquitetura perceptron multicamadas, com topologia “Time Delay” (TDNN), conforme mostrada na figura abaixo:



As topologias candidatas para serem adotadas no mapeamento do problema acima são especificadas como se segue:

Rede 1 □ 05 entradas ($p = 05$) com $N1 = 15$

Rede 2 □ 10 entradas ($p = 10$) com $N1 = 25$

Rede 3 □ 15 entradas ($p = 15$) com $N1 = 50$

Utilizando o algoritmo de aprendizagem *backpropagation com momentum* e os dados de treinamento apresentados no Anexo, realize as seguintes atividades:

1. Execute 1 treinamento com a topologia estabelecida na Rede1 com a função de ativação e as demais configurações para os testes conforme segue: `activation='relu'`, `solver='sgd'`, `max_iter=5000`, `tol=0.000001`, `momentum=0.9`, `early_stopping=True`, `epsilon=1e-06`, `learning_rate_init = 0.001`, `learning_rate = 'constant'`. Outros hiperparâmetros manter *default*.

2. Alterar a configuração do solver para adam (solver='adam'). Observar a diferença de desempenho da rede em comparação com o solver sgd (solver='sgd'). Com a utilização do MLPRegressor do sklearn, atentar-se que o adam não aplica o momentum e learning_rate. Comente o resultado.

Rede Solver SGD: Para a rede neural com solver sgd, a sua execução teve um resultado aceitável, apresentando valor bom de R2 Score, baixos valores de perda e erro. Porém para esta rede não houve convergência, sendo o número total de épocas 5000 não suficiente para esta rede convergir.

Epochs: 5000

Loss: 0.007632791927249703

Mean Absolute Error (MAE): 0.10173726189631527

Mean Square Error (MSE): 0.013093577153113689

Root Mean Squared Error (RMSE): 0.013093577153113689

R2 Score: 0.8194937403760908

Rede Solver Adam: Para a rede neural com solver Adam, a execução teve um bom resultado, apresentando valor alto de R2 score, baixos valores para perda e erro, e atingindo a convergência em 3572 épocas.

Epochs: 1428

Loss: 0.00025389256944528474

Mean Absolute Error (MAE): 0.04206732338885719

Mean Square Error (MSE): 0.002666195417854077

Root Mean Squared Error (RMSE): 0.002666195417854077

R2 Score: 0.9632441954803161

À partir da análise dos resultados, a rede neural com solver Adam obteve os melhores resultados, sendo o modelo com o melhor desempenho.

3. Execute 3 treinamentos para cada rede perceptron escolhendo a melhor configuração do solver que você observou, inicializando-se as matrizes de pesos sinápticos em cada treinamento com valores aleatórios, ou seja, não use o random_state. Registre os resultados finais desses 3 treinamentos, considerando-se cada uma dessas três topologias de rede, na tabela a seguir:

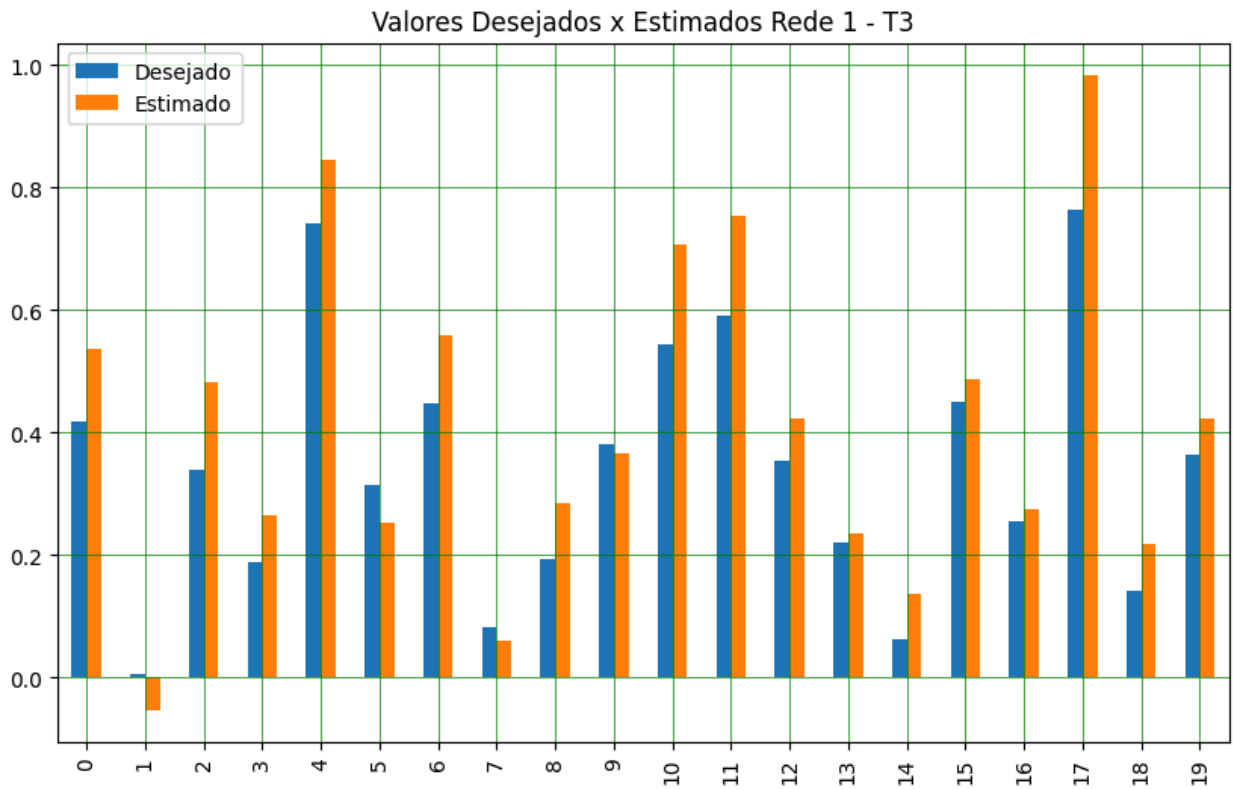
Treinamento	Rede 1		Rede 2		Rede 3	
	Perda (loss)	Épocas	Perda (loss)	Épocas	Perda (loss)	Épocas
1° (T1)	0,001596269708	1364	0,0005087180914	2055	0,07898392557	20
2° (T2)	0,002782131495	1976	0,00005157190392	1813	0,00003409494796	1204
3° (T3)	0,001199893639	834	0,0001708932366	1904	0,001874888231	117
Solver	Adam					

4. Para todos os treinamentos efetuados no Item 3, faça então a validação da rede em relação aos valores desejados apresentados na tabela abaixo. Forneça para cada treinamento o Erro Absoluto Médio (MAE) entre os valores desejados e os valores fornecidos pela rede em relação a todas as amostras de teste. Obtenha também o respectivo Erro Quadrático Médio (MSE) e o R2 Score.

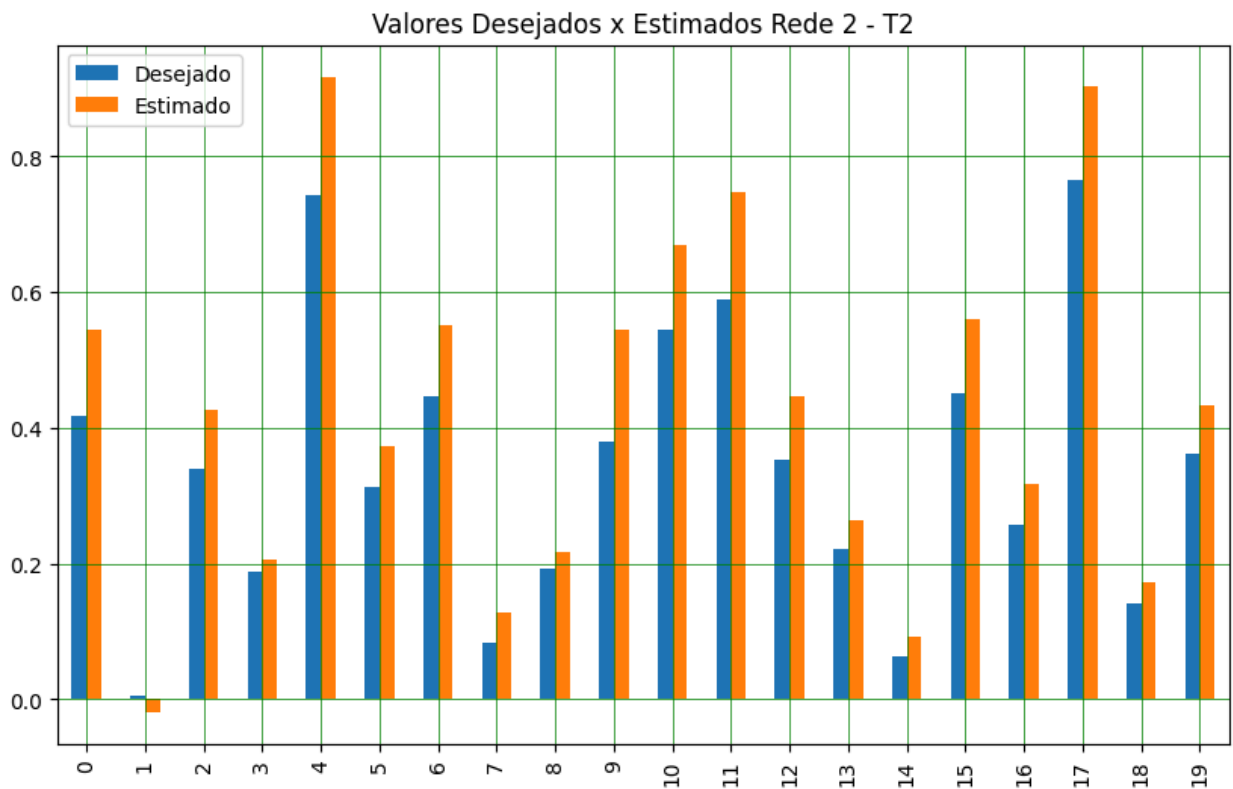
		Rede 1			Rede 2			Rede 3		
Amostra	f(t)	(T1)	(T2)	(T3)	(T1)	(T2)	(T3)	(T1)	(T2)	(T3)
t = 101	0.4173	0,515729 3037	0,6097938 236	0,53760204 15	0,49929746 59	0,520774655 3	0,544116 9324	0,3632361 574	0,535313908 6	0,5983538642
t = 102	0.0062	-0,05246 62737	0,0129649 247	-0,0521697 0134	-0,0151777 6222	-0,00141562 1404	-0,01798 315328	0,4692750 879	-0,00404675 2591	-0,129920251 8
t = 103	0.3387	0,664208 637	0,5805300 875	0,48221530 24	0,46419610 68	0,444450001 3	0,426188 657	-0,021723 71532	0,433776416 5	0,4962842018
t = 104	0.1886	0,227142 3203	0,0938062 8854	0,26400056 82	0,15762016 12	0,20008512	0,206775 9868	0,0802897 4259	0,212244359	0,2501225048
t = 105	0.7418	0,824338 9558	0,8303612 494	0,84494281	0,89776290 32	0,916058525 8	0,917453 4698	0,3171435 036	0,940437035	0,8250143271
t = 106	0.3138	0,305637 3371	0,3502645 083	0,25372041 31	0,32577277 52	0,395451246 8	0,372465 0068	0,4301522 073	0,378386790 5	0,3451816703
t = 107	0.4466	0,526491 2802	0,5264927 833	0,55888794 84	0,55645154 07	0,561390650 6	0,550217 5431	0,4872504 957	0,552147598 9	0,5906189838
t = 108	0.0835	0,060664 1424	0,0509909 0409	0,05994011 495	0,10477485 54	0,110558796 1	0,128466 0375	0,4559760 056	0,096094306 47	0,1306140416
t = 109	0.1930	0,209362 331	0,2894831 896	0,28443581 07	0,23554710 97	0,247999889 2	0,217564 4141	0,0798770 9465	0,244355992 7	0,2809373564
t = 110	0.3807	0,356324 4234	0,3934434 388	0,36661259 87	0,52243735 93	0,522612054 7	0,545157 3407	-0,067613 33505	0,502957313 6	0,4343093438
t = 111	0.5438	0,691651 9311	0,5793173 18	0,70746730 73	0,64963979 11	0,676678554 1	0,669671 0342	0,3301634 431	0,685781072 8	0,550608919
t = 112	0.5897	0,741905 0801	0,7243670 009	0,75377194 24	0,73478210 65	0,742997752 1	0,746284 9149	0,1079536 479	0,732092335 5	0,7043264774
t = 113	0.3536	0,407851 9459	0,3665372 177	0,42359810 05	0,40157576 83	0,448240075 5	0,445423 4599	0,7269701 807	0,431732573 7	0,4101262226
t = 114	0.2210	0,232622 2679	0,2202667 184	0,23572165 82	0,28196553 51	0,276528262 7	0,263193 6549	0,3232888 947	0,26363753	0,2779627487
t = 115	0.0631	0,097665 67171	0,1222534 637	0,13572366 23	0,08463609 67	0,083264886 95	0,092025 48084	0,3130360 69	0,078318754 54	0,0902218342 5
t = 116	0.4499	0,561547 0148	0,4860403 667	0,48724657 28	0,54982808 77	0,567099790 1	0,560738 0294	-0,105491 2149	0,553639691 8	0,5190860317
t = 117	0.2564	0,311991 8027	0,4163750 948	0,27540460 6	0,33327233 32	0,307221298	0,317635 4777	0,2648069 045	0,319658276 6	0,3625256996
t = 118	0.7642	1,014265 744	0,9863471 054	0,98443885 13	0,98342186 96	0,962207651 8	0,902196 3994	0,1362939 399	0,959978134 5	0,9376877593
t = 119	0.1411	0,230596 8558	0,1430413 961	0,21793872 23	0,17214483 72	0,164853583 6	0,171799 0441	0,7841345 046	0,158760196 5	0,2144003823
t = 120	0.3626	0,439240 7989	0,4586633 529	0,42226109 8	0,43264692 72	0,450238038 2	0,433232 9419	0,3701096 309	0,446008233 1	0,4858765389
Erro Absoluto Médio (MAE):		0,0572031 8621	0,0718514 1089	0,052404335 08	0,032354652 2	0,0194406888 1	0,0290367 3842	0,3518131 124	0,019187928 99	0,0548801911
Erro Quadrático Médio (MSE):		0,0061234 50776	0,0069542 42697	0,004408966 025	0,001696485 416	0,0005666747 508	0,0012675 29513	0,1855888 853	0,000512310 687	0,0048427896 87
R2 Score		0,9159008 687	0,9044908 188	0,939447506 6	0,976700564	0,9922173206	0,9825918 204	-1,548867 395	0,992963953 6	0,9334893967

5. Para o melhor treinamento {T1, T2 ou T3} realizado em cada Rede, trace o gráfico de barras dos valores desejados e dos valores estimados pela respectiva rede em função do domínio de operação assumido ($t=101..120$), ou seja, será necessário plotar 3 gráficos.

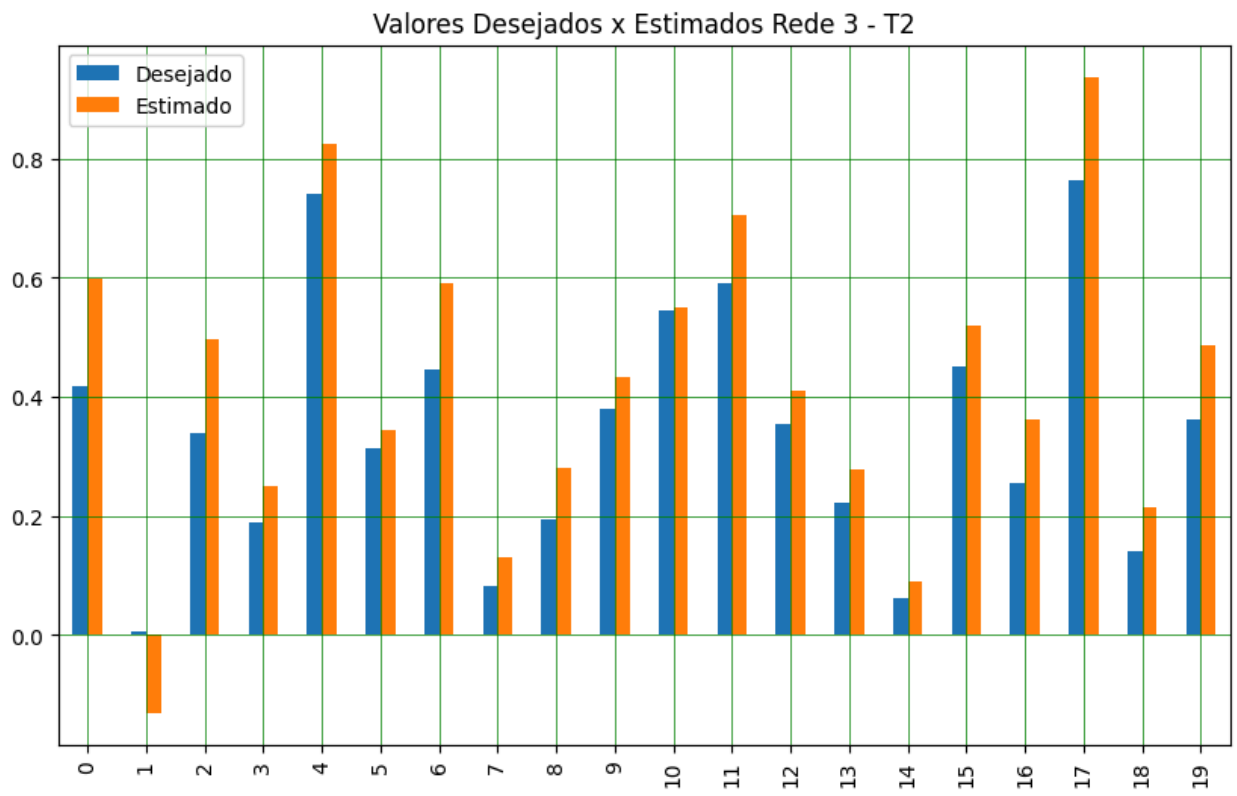
Rede 1: T3



Rede 2: T2



Rede 3: T2



ANEXO

Amostra	$f(t)$	Amostra	$f(t)$	Amostra	$f(t)$	Amostra	$f(t)$
$t = 1$	0.1701	$t = 26$	0.2398	$t = 51$	0.3087	$t = 76$	0.3701
$t = 2$	0.1023	$t = 27$	0.0508	$t = 52$	0.0159	$t = 77$	0.0006
$t = 3$	0.4405	$t = 28$	0.4497	$t = 53$	0.4330	$t = 78$	0.3943
$t = 4$	0.3609	$t = 29$	0.2178	$t = 54$	0.0733	$t = 79$	0.0646
$t = 5$	0.7192	$t = 30$	0.7762	$t = 55$	0.7995	$t = 80$	0.7878
$t = 6$	0.2258	$t = 31$	0.1078	$t = 56$	0.0262	$t = 81$	0.1694
$t = 7$	0.3175	$t = 32$	0.3773	$t = 57$	0.4223	$t = 82$	0.4468
$t = 8$	0.0127	$t = 33$	0.0001	$t = 58$	0.0085	$t = 83$	0.0372
$t = 9$	0.4290	$t = 34$	0.3877	$t = 59$	0.3303	$t = 84$	0.2632
$t = 10$	0.0544	$t = 35$	0.0821	$t = 60$	0.2037	$t = 85$	0.3048
$t = 11$	0.8000	$t = 36$	0.7836	$t = 61$	0.7332	$t = 86$	0.6516
$t = 12$	0.0450	$t = 37$	0.1887	$t = 62$	0.3328	$t = 87$	0.4690
$t = 13$	0.4268	$t = 38$	0.4483	$t = 63$	0.4445	$t = 88$	0.4132
$t = 14$	0.0112	$t = 39$	0.0424	$t = 64$	0.0909	$t = 89$	0.1523
$t = 15$	0.3218	$t = 40$	0.2539	$t = 65$	0.1838	$t = 90$	0.1182
$t = 16$	0.2185	$t = 41$	0.3164	$t = 66$	0.3888	$t = 91$	0.4334
$t = 17$	0.7240	$t = 42$	0.6386	$t = 67$	0.5277	$t = 92$	0.3978
$t = 18$	0.3516	$t = 43$	0.4862	$t = 68$	0.6042	$t = 93$	0.6987
$t = 19$	0.4420	$t = 44$	0.4068	$t = 69$	0.3435	$t = 94$	0.2538
$t = 20$	0.0984	$t = 45$	0.1611	$t = 70$	0.2304	$t = 95$	0.2998
$t = 21$	0.1747	$t = 46$	0.1101	$t = 71$	0.0568	$t = 96$	0.0195
$t = 22$	0.3964	$t = 47$	0.4372	$t = 72$	0.4500	$t = 97$	0.4366
$t = 23$	0.5114	$t = 48$	0.3795	$t = 73$	0.2371	$t = 98$	0.0924
$t = 24$	0.6183	$t = 49$	0.7092	$t = 74$	0.7705	$t = 99$	0.7984
$t = 25$	0.3330	$t = 50$	0.2400	$t = 75$	0.1246	$t = 100$	0.0077