



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DO NÍQUEL FOSFORO ENEGRECIDO QUANDO EXPOSTO A RADIAÇÃO SOLAR

Rayanny Caroline Soares Domingues

Relatório Final de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientado pelo Dr. Luiz
Ângelo Berni.

RESUMO

A irradiância solar total (TSI) e suas variações têm influência no clima do Planeta Terra. A compreensão, percepção e entendimento desse fenômeno é de suma importância e partindo de seus dados é possível obter informações sobre a superfície terrestre, atmosfera e clima. Medidas de radiação são realizadas por um instrumento nomeado de radiômetro, as medições de TSI normalmente utilizam radiômetros de substituição elétrica. Esta classe de radiômetro depende de cavidades absorvedoras de radiação solar, com seu interior revestido com materiais pretos absorvedores. O Níquel Fosforo (Ni-P) enegrecido apresenta alta capacidade de absorção de radiação, sendo um excelente candidato a ser utilizado nessas cavidades. Este trabalho tem como finalidade estudar e avaliar a degradação do Ni-P enegrecido quando exposto a radiação solar. Para realizar este estudo foram utilizadas medidas de refletância utilizando um espectrofotômetro e a morfologia foi estudada através do microscópio eletrônico de varredura. Neste trabalho apresentaremos os primeiros resultados obtidos.

Palavras-chave: Irradiância solar total. Radiômetro. Ni-P enegrecido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Espectrofotômetro.....	2
Figura 2.2 - Método de medição	3
Figura 2.3 - Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).....	3
Figura 2.4 - Sistema de exposição.....	4
Figura 2.5 - Dessecador à vácuo.....	5
Figura 2.6 - Amostra de NI-P enegrecido	5
Figura 2.7 - Sistema desenvolvido.....	6
Figura 3.1 - Gráfico de refletância das amostras 409, 411 , 424, 401, 402 e 423	7
Figura 3.2 - Morfologia da amostra 424 com magnitude 664x(a) e 6.69kx(b)	8
Figura 3.3 - Morfologia da amostra 424 com magnitude 40kx	8
Figura 3.4 - Gráfico de refletância da amostra 402.....	9
Figura 3.5 - Gráfico de refletância da amostra 423.....	10
Figura 3.6 - Gráfico de refletância da amostra 424	10
Figura 3.7 - Gráfico de refletância da amostras 402 (medidas periódicas)	11
Figura 3.8 - Gráfico de refletância da amostras 423 (medidas periódicas)	12
Figura 3.9 - Gráfico de refletância da amostras 424 (medidas periódicas)	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Valores diários irradiância global, UVA e UVB	13
Tabela 3.2 – Tabela geral Irradiância Global, UVA e UVB	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Objetivos específicos	2
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	2
2.1 Caracterização das amostras.....	2
2.2 Sistema de exposição e definição das amostras	3
2.3 Desenvolvimento do método para acompanhamento da degradação do material.....	6
3 RESULTADOS	7
3.1 Caracterização das amostras.....	7
3.2 Definição das amostras para exposição a radiação solar e amostra referência .	9
3.3 Degradação das amostras expostas a radiação solar	11
4 PRÓXIMAS ETAPAS.....	16
5 CONCLUSÕES.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

1 INTRODUÇÃO

O Sol é a única estrela que influencia diretamente a Terra, a radiação é sua maneira mais evidente evitando o resfriamento do planeta e assim possibilitando a existência humana.[1] Ao longo dos séculos acreditava-se que essa energia era constante em torno de 1.365 Wm^{-2} , entretanto, atualmente compreendemos que há variações em distintas escalas de tempo. Tendo essas variações potencial de afetar o clima, causando as mudanças climáticas que vem sendo objeto de estudo e debate no meio científico pela sua grande influência.[1-2]

A influência do Sol sobre o clima da Terra pode ser estudada através de dados de irradiância solar total (TSI - Total Solar Irradiance) uma medida de radiação definida como a potência total da energia que o Sol incide por unidade de área em 1 UA (Unidade Astronômica - distância entre o Sol e a Terra).[2] Desde a década de 70 por meio de instrumentos a bordo de satélites de diferentes missões medidas contínuas da TSI tem sido rastreadas do espaço, esses instrumentos são baseados em radiômetros de substituição elétrica.[3-4]

Nesta classe de radiômetros as medições são dependentes de uma cavidade absorvedora de radiação solar, considerada o componente principal, que gera um sinal que representa a radiação incidente através da comparação com uma potência elétrica.[4] O elemento absorvedor que reveste internamente estas cavidades pode ser o Níquel Fosforo enegrecido. O Níquel Fosforo enegrecido possui alta capacidade de absorção de radiação, obtido pelo processo de corrosão do revestimento eletrolítico Ni-P, onde ocorre o processo de deposição do Ni- P e em seguida é realizado um ataque químico com um ácido oxidante para obter o Ni - P enegrecido resultando em uma morfologia densa de conjunto de poros.[5]

Esse trabalho estuda a degradação do Níquel Fosforo enegrecido quando exposto a radiação solar, a degradação de sua superfície está diretamente relacionada aos efeitos da radiação solar sobre o elemento sensor. Seu envelhecimento pode afetar suas propriedades óticas, influenciando no desempenho e eficiência das medidas do radiômetro que estiver utilizando esta cavidade absorvedora.[6]

1.1 Objetivos

O objetivo principal é verificar a degradação de filmes de Ni-P enegrecido quando expostos à radiação solar por longos períodos de tempo.

1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Definir através da caracterização das amostras, uma amostra referência (amostra de controle) e duas amostras a serem expostas a radiação solar.
- b) Desenvolver uma metodologia para mensurar a degradação de filmes quando expostos à radiação solar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada neste trabalho de pesquisa foi dividido em 3 etapas:

2.1 Caracterização das amostras

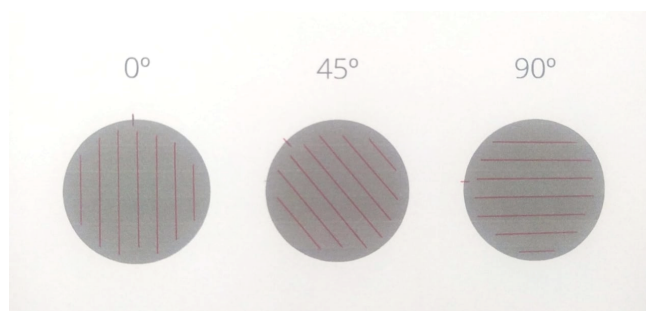
A caracterização ótica das amostras foi realizada a partir do equipamento espectrofotômetro Lambda 650 S UV/VIS Spectrometer da PerkinElmer (Figura 2.1), onde a refletância foi mensurada na região de 250 a 850 nm com intervalo de varredura de 1 nm. Sendo as amostras planas sua adaptação ao equipamento é relativamente simples, porém como o feixe incidente não cobre a superfície como um todo foi aplicado um método para obter uma caracterização com maior área. O método adotado consiste na realização de 3 medidas, a cada 45° graus partindo de uma marcação feita na estrutura da amostra é realizada uma medida, executado o procedimento como apresentado na Figura 2.2.

Figura 2.1 - Espectrofotômetro



Fonte: Produção do autor

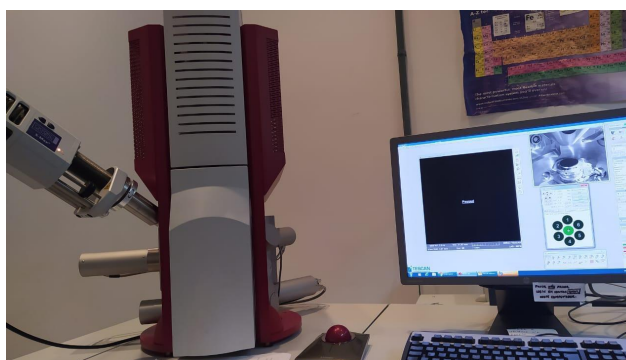
Figura 2.2 - Método de medida



Fonte: Produção do autor

Desse modo, o gráfico de refletância na faixa espectral de 250 nm a 850 nm de cada amostra foi obtido e ainda o estudo morfológico das amostras foi realizado utilizando o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) com emissão de campo (Field Emission Gun – FEG) da Tescan modelo Mira 3 (Figura 2.3) para estudo de sua superfície.

Figura 2.3 - Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)



Fonte: Produção do autor

2.2 Sistema de exposição e definição das amostras

A partir da análise das medidas obtidas pelo espectrofotômetro, duas amostras foram selecionadas para exposição à radiação. Essas amostras foram acopladas a um sistema de exposição, onde também se encontram dois radiômetros (realizam a medição da irradiância global, UVA e UVB) previamente calibrados e conectados a um sistema de aquisição de dados para que o monitoramento seja realizado (Figura 2.4). Além disso, outra amostra que será utilizada como referência durante todo processo de desenvolvimento deste trabalho de pesquisa também foi selecionada e

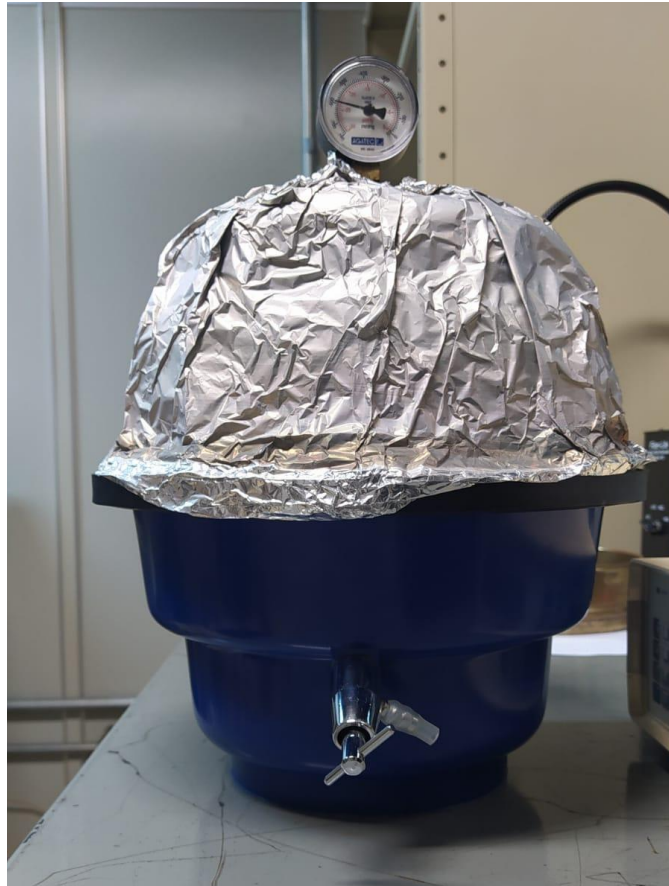
será mantida em um dessecador à vácuo e sem iluminação para sua preservação (Figura 2.5). A seleção foi realizada levando em conta as amostras que apresentaram melhores curvas de refletância ao longo da faixa espectral. As amostras de Ni-P enegrecido utilizadas neste trabalho foram amostras planas com 3 cm de diâmetro (Figura 2.6)

Figura 2.4 - Sistema de exposição



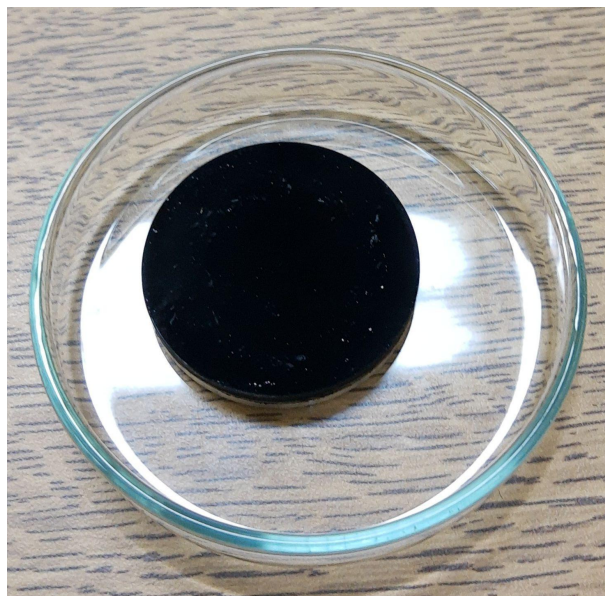
Fonte: Produção do autor

Figura 2.5 - Dessecador à vácuo



Fonte: Produção do autor

Figura 2.6 - Amostra de Ni-P enegrecido

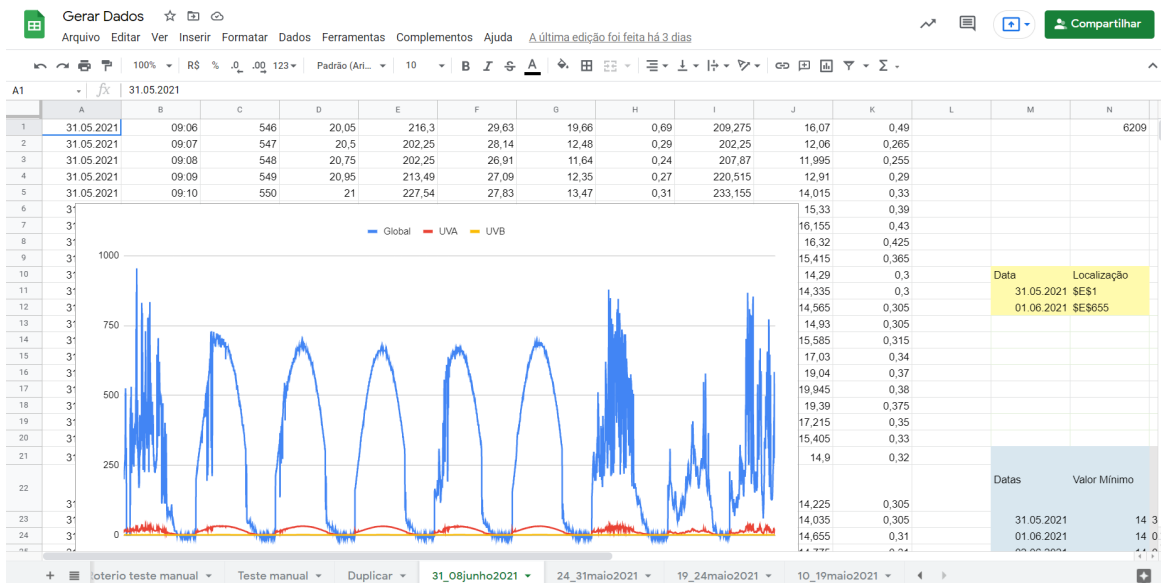


Fonte: Produção do autor

2.3 Desenvolvimento do método para acompanhamento da degradação do material

Um sistema semi automático foi desenvolvido no software Excel (Figura 2.7). A partir dos dados obtidos pelo sistema de aquisição conectado aos radiômetros responsáveis pela coleta de dados, o método semi automático contabiliza a irradiância global, UVA e UVB. E também possui um processo manual podendo ser utilizado quando há percepção de conjunto de dados incomum que possa causar algum erro ao valor final. Ambos os métodos utilizam a área abaixo do gráfico para mensurar as medidas necessárias. Sendo possível mensurar a degradação do níquel fosforo enegrecido, tendo como parâmetro a irradiância que atinge as amostras.

Figura 2.7 - Sistema desenvolvido
ex: coleta de dados referente a 31.05.2021 á 08.05.2021



Fonte: Produção do autor

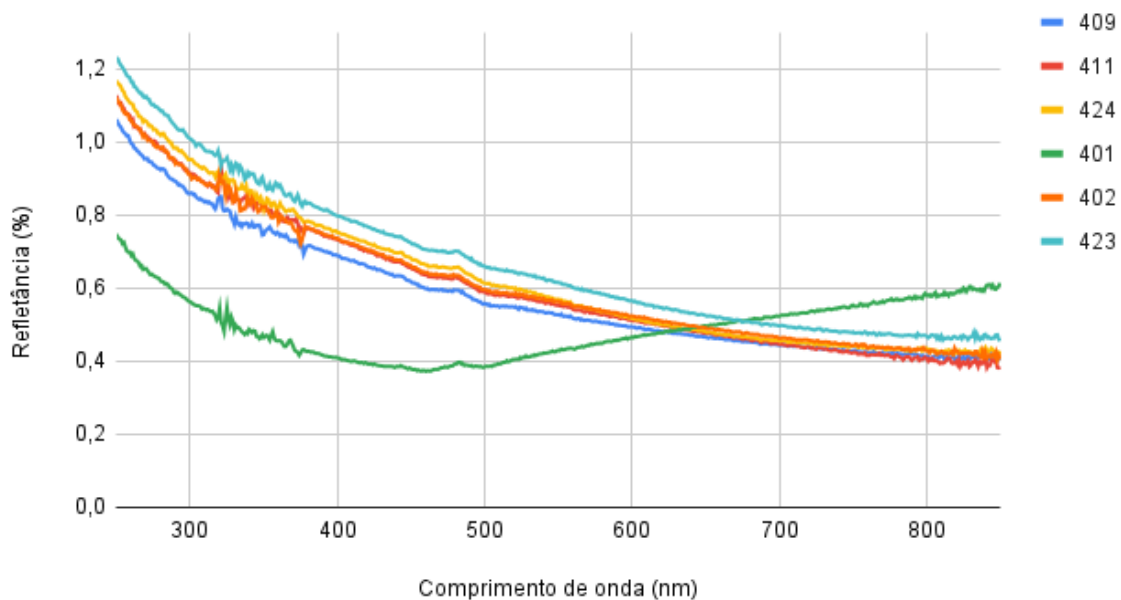
3 RESULTADOS

3.1 Caracterização das amostras

Inicialmente, todas as amostras foram caracterizadas através do espectrofotômetro e do MEV/FEG. Os dados coletados pelo espectrofotômetro foram agrupados de modo a fornecer gráficos de refletância por comprimento de onda de cada amostra na faixa espectral de 250 a 800 nm (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Gráfico de refletância das amostras 409, 411 , 424, 401, 402 e 423

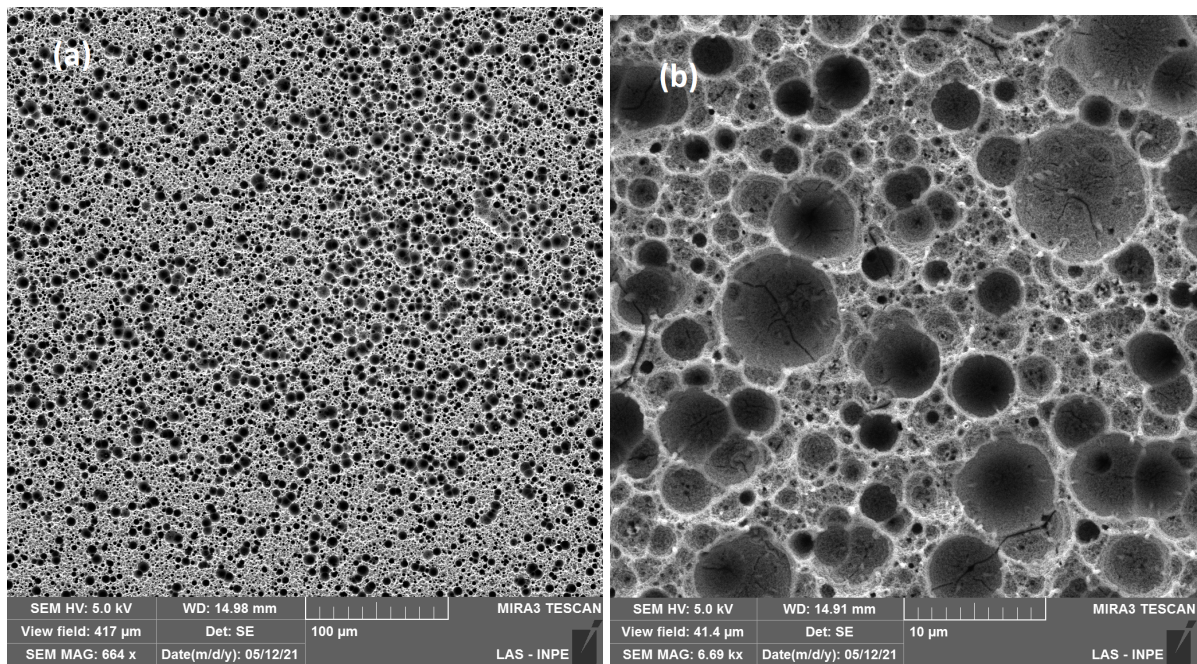
Gráfico de refletância das amostras 409, 411 , 424, 401, 402 e 423



Fonte: Produção do autor

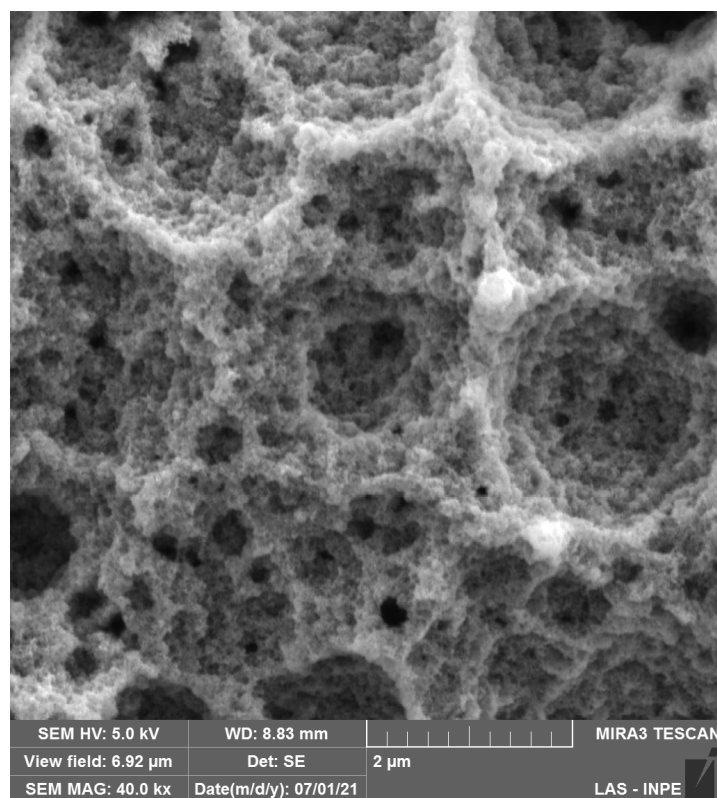
Além disso, nessa etapa foram realizadas imagens das superfícies das amostras com o auxílio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), as imagens apresentadas neste trabalho são da amostra 424 com diferentes magnitudes (Figura 3.2 e 3.3).

Figura 3.2 - Morfologia da amostra 424 com magnitude 664x(a) e 6.69kx(b)



Fonte: Produção do autor

Figura 3.3 - Morfologia da amostra 424 com magnitude 40kx

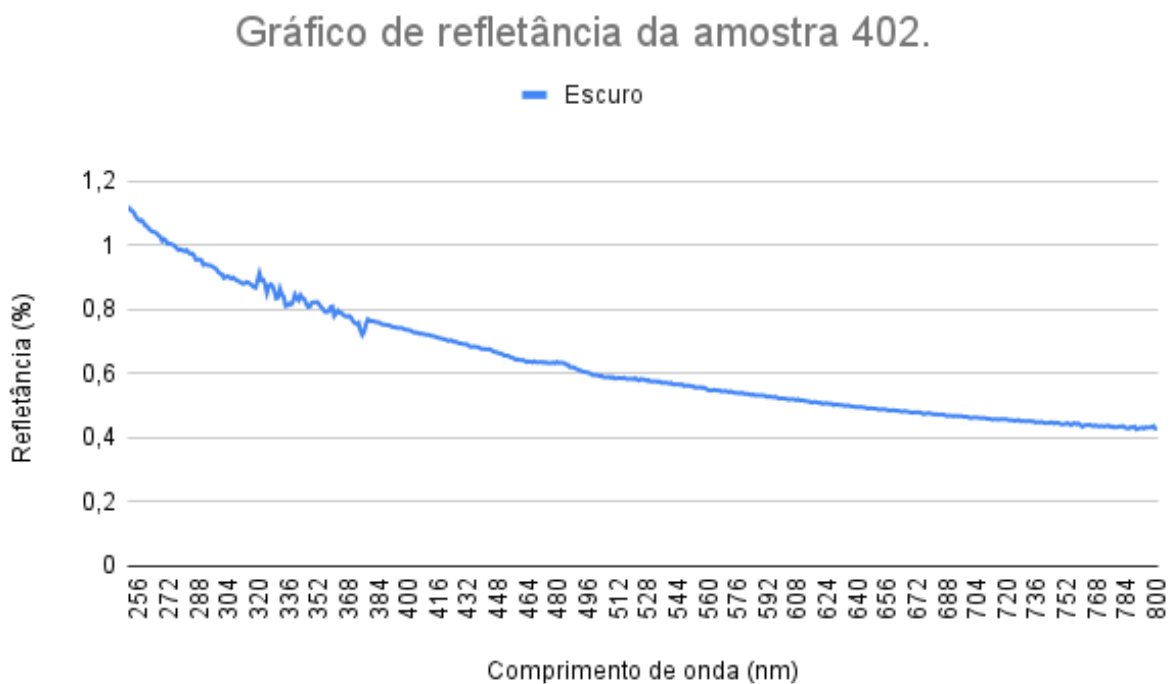


Fonte: Produção do autor

3.2 Definição das amostras para exposição a radiação solar e amostra referência

Nesta etapa a partir da geração de do gráfico geral contendo 6 (seis) amostras (Figura 3.1), as amostras 402 e 423 foram selecionadas para serem expostas a radiação solar e a amostra 424 para ser a amostra referência que será utilizada como parâmetro para medida de degradação das amostras expostas. A seleção como dito anteriormente considera as amostras que apresentaram melhores resultados na curva de refletância além da disponibilidade para utilização das mesmas. Neste trabalho os gráficos apresentados são das amostras selecionadas 402, 423 e 424 (Figura 3.4, 3.5 e 3.6).

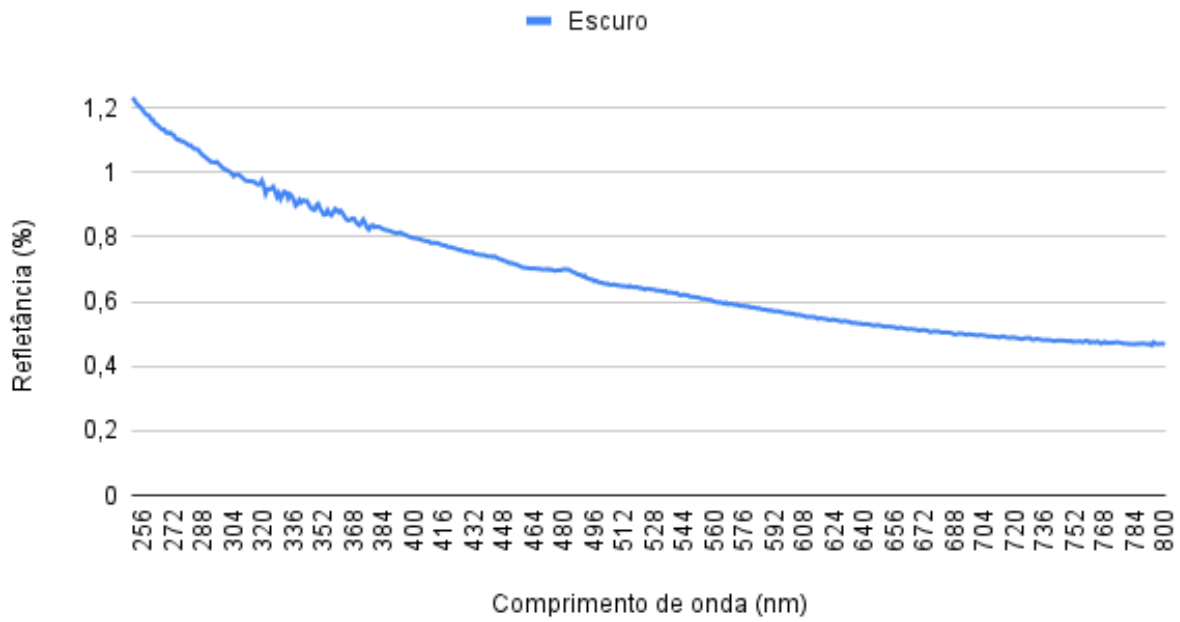
Figura 3.4 - Gráfico de refletância da amostra 402



Fonte: Produção do autor

Figura 3.5 - Gráfico de refletância da amostra 423

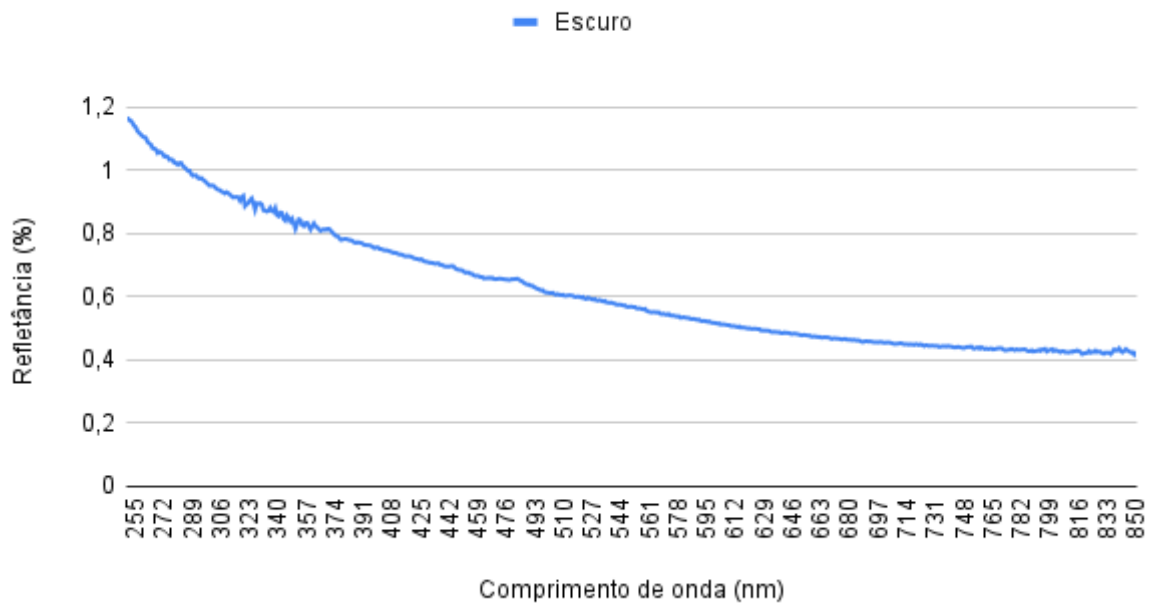
Gráfico de refletância da amostra 423.



Fonte: Produção do autor

Figura 3.6 - Gráfico de refletância da amostra 424

Gráfico de refletância da amostra 424 (amostra referência)

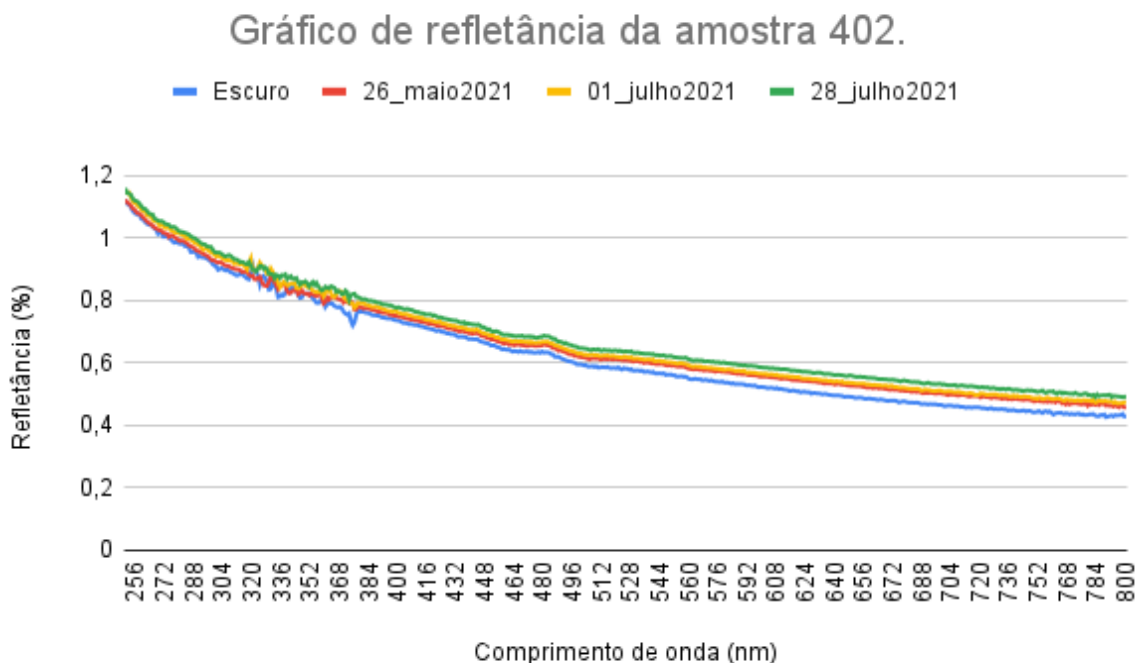


Fonte: Produção do autor

3.3 Degradação das amostras expostas a radiação solar

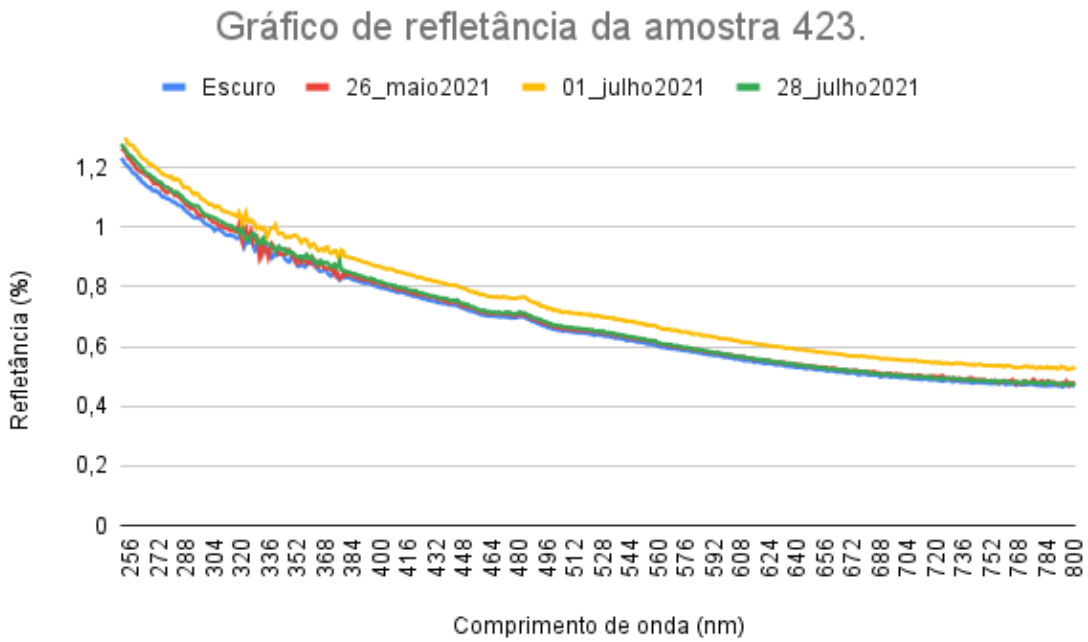
Utilizando o sistema desenvolvido e realizando medidas periódicas nas amostras expostas a radiação solar juntamente com a amostra referência é possível associar a degradação das amostras com o acúmulo de irradiância em sua superfície. O período de exposição das amostras é de aproximadamente 3 meses, com medidas realizadas no espectrofotômetro nas datas 26 de maio de 2021, 01 de julho de 2021 e 28 de julho de 2021 (Figura 3.7 e 3.8) para as amostras expostas e nos dias 01 e 28 de julho de 2021 para a amostra de referência (Figura 3.9). O acúmulo total de irradiância global, UVA e UVB é apresentado na tabela 3.2.

Figura 3.7 - Gráfico de refletância da amostras 402 (medidas periódicas)



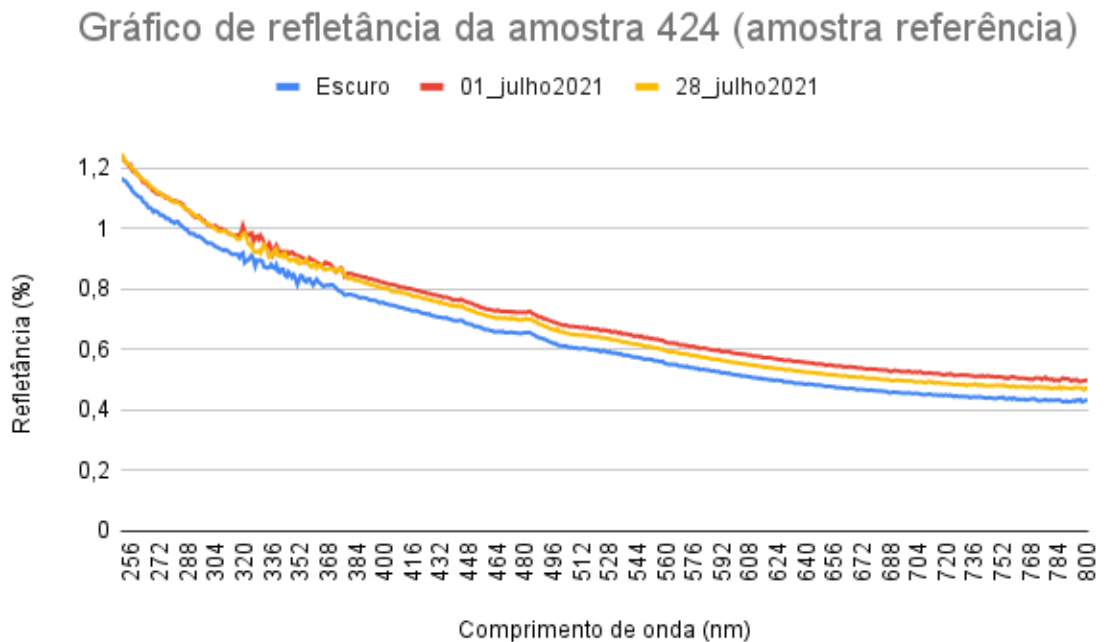
Fonte: Produção do autor

Figura 3.8 - Gráfico de refletância da amostras 423 (medidas periódicas)



Fonte: Produção do autor

Figura 3.9 - Gráfico de refletância da amostras 424 (medidas periódicas)



Fonte: Produção do autor

Tabela 3.1 – Valores diários irradiância global, UVA e UVB

Data	Irradiância Global				Irradiância UVA				Irradiância UVB			
	Tempo de exposição (min)	Acumula da [(W/m2) min]	Média (W/m2)	Máxima (W/m2)	Tempo de exposição (min)	Acumula da [(W/m2) min]	Média (W/m2)	Máxima (W/m2)	Tempo de exposição (min)	Acumula da [(W/m2) min]	Média (W/m2)	Máxima (W/m2)
10/05/2021	523,0	236602,33	452,39	842,73	523,0	10976,835	20,99	36,29	523,0	255,83	0,49	0,92
11/05/2021	489,0	218159,43	446,13	719,13	489,0	10372,175	21,21	32,88	489,0	246,67	0,50	0,83
12/05/2021	500,0	124649,14	249,30	738,79	500,0	6545,11	13,09	31,17	500,0	154,83	0,31	0,75
13/05/2021	525,0	106720,07	203,28	866,60	525,0	6620,565	12,61	38,07	525,0	165,49	0,32	0,88
14/05/2021	381,0	98722,46	259,11	710,70	381,0	5350,71	14,04	27,89	381,0	125,35	0,33	0,65
15/05/2021	529,0	112860,81	213,35	953,69	529,0	6388,6	12,08	36,8	529,0	157,97	0,30	0,84
16/05/2021	457,0	149501,09	327,14	872,22	457,0	7667,875	16,78	35,63	457,0	176,92	0,39	0,83
17/05/2021	480,0	206780,99	430,79	797,78	480,0	9997,205	20,83	35,48	480,0	225,17	0,47	0,84
18/05/2021	536,0	181906,6	339,38	919,98	536,0	8959,19	16,71	37,04	536,0	197,88	0,37	0,83
19/05/2021	549,0	271061,38	731,69	734,58	549,0	12051,345	34,37	33,76	549	255,28	0,83	0,81
20/05/2021	410,0	185346,3	452,06	848,34	410,0	11941,025	20,99	32,92	410	191,77	0,47	0,74
21/05/2021	463,0	205060,58	442,90	716,32	463,0	8603,89	20,75	31,59	463	214,17	0,46	0,75
22/05/2021	298,0	38145,94	128,01	353,95	298,00	9606,765	8,242684564	17,33	298	65,13	0,22	0,56
23/05/2021	532,0	158224,63	297,41	625,02	532,00	2456,32	15,49084586	29,44	532	187,61	0,35	0,695
24/05/2021	541,0	259737,82	480,11	772,50	541,00	11561,16	21,36998152	33,49	541	243,45	0,45	0,775
25/05/2021	540,0	226076,63	418,66	765,48	540,00	11561,16	18,88749074	31,8	540	218,73	0,41	0,71
26/05/2021	410,0	185895,62	453,40	705,08	410,00	10199,245	20,7564878	31,32	410	185,31	0,45	0,73
27/05/2021	549,0	225953,21	411,57	720,53	549,00	8510,16	19,44867031	31,6	549	230,54	0,42	0,735
28/05/2021	546,0	228283,27	418,10	789,36	546,00	10677,32	19,84326923	34,24	546	237,37	0,43	0,785
29/05/2021	598,0	195782,13	327,39	806,21	598,00	10834,425	16,81168896	34,88	598	230,49	0,39	0,825
30/05/2021	440,0	121809,12	276,84	601,14	440,00	10053,39	14,62102273	24,74	440	153,39	0,35	0,565
31/05/2021	445,0	137784,26	309,63	816,04	445,00	7186,955	16,15046067	34,96	445	163,42	0,37	0,81
01/06/2021	541,0	246094,36	454,89	726,15	541,00	7186,955	20,93525878	31,97	541	242,62	0,45	0,755
02/06/2021	540,0	244043,72	451,93	688,23	540,00	11325,975	21,03985185	31,81	540	244,85	0,45	0,76
03/06/2021	543,0	234608,15	432,06	672,78	543,00	11361,52	20,39139042	31,29	543	241,24	0,44	0,75
04/06/2021	516,0	212173,33	411,19	667,16	516,00	11072,525	19,61068798	30,57	516	225,13	0,44	0,735
05/06/2021	541,0	242548	448,33	688,23	541,00	10119,115	20,80285582	31,71	541	249,89	0,46	0,785
06/06/2021	510,0	175112,88	343,36	804,81	510,00	11254,345	17,2402549	33,91	510	205,1	0,4	0,8
07/06/2021	448,0	76831,44	171,50	536,54	448,00	8792,53	10,08757813	21,2	448	109,69	0,24	0,525
08/06/2021	552,0	139761,94	253,19	839,92	552,00	4519,235	13,79682065	36,22	552	170,71	0,31	0,825

09/06/2													
021	349,0	63541,7	182,07	685,42	349,00	3634,81	10,4149						
							2837	23,92	349	81,49	0,23	0,495	
10/06/2		154453,					15,1681						
021	505,0	58	305,85	636,26	505,00	3634,81	2871	28,59	505	177,12	0,35	0,685	
11/06/2		89095,9					7659,90						
021	475,0	7	187,57	696,66	475,00	5	11,2054	25,76	475	130,49	0,27	0,63	
12/06/2		181655,					5322,56						
021	443,0	36	410,06	778,12	443,00	5	19,1738	9391	30,73	443	187,35	0,42	0,695
13/06/2		127084,					8494,03						
021	524,0	43	242,53	919,98	524,00	5	13,1737	2137	32,79	524	158,07	0,3	0,69
14/06/2		195650,					18,0700						
021	486,0	05	402,57	900,32	486,00	6903,03	1029	33,3	486	190,86	0,39	0,73	
15/06/2		177638,					8782,02						
021	457,0	25	388,71	844,13	457,00	5	17,5597	2648	30,54	457	188,5	0,41	0,7
16/06/2		110377,					8024,79						
021	535,0	56	206,31	612,38	535,00	5	11,0539	6262	24,9	535	146,68	0,27	0,59
17/06/2		190140,					16,5467						
021	520,0	18	365,65	841,33	520,00	8604,33	8846	31,69	520	203,01	0,39	0,765	
18/06/2		152730,					15,4073						
021	476,0	07	320,86	696,65	476,00	8604,33	3193	28,43	476	174,91	0,37	0,7	
19/06/2		112134,					10,4448						
021	569,0	74	197,07	766,88	569,00	7333,89	6819	27,53	569	144,76	0,25	0,595	
20/06/2		169985,					13,4458						
021	600,0	07	283,31	790,76	600,00	5943,13	5	30,77	600	183,4	0,31	0,705	
21/06/2		170346,					13,9766						
021	601,0	05	283,44	793,57	601,00	8067,51	3062	29,79	601	194,7	0,32	0,675	
22/06/2		76042,0					8399,95						
021	542,0	5	140,30	672,78	542,00	5	9,82494	4649	29,36	542	154,88	0,29	0,82
23/06/2		147756,					14,1316						
021	601,0	64	286,35	883,46	601,00	5325,12	6667	34,09	601	166,56	0,32	0,765	
24/06/2		238796,					17997,2						
021	610,0	325	456,63	748,62	610,00	35	23,3803	0489	37,915	610	231,61	0,586	1,06
25/06/2		209795,					10268,4						
021	603,0	23	347,92	712,11	603,00	05	15,6063	1012	27,33	603	203,75	0,34	0,635
26/06/2		226687,					9410,60						
021	613,0	69	369,80	644,69	613,00	5	15,9760	9299	27,04	613	209,69	0,34	0,63
27/06/2		237648,					9793,34						
021	605,0	83	392,81	686,83	605,00	5	17,2015	2066	28,74	605	225,02	0,37	0,675
28/06/2		232967,					10406,9						
021	606,0	47	384,43	688,23	606,00	2	16,5849	1749	28,46	606	216,54	0,36	0,67
29/06/2		96676,4					10050,4						
021	593,0	6	163,03	758,46	593,00	6	9,73696	4587	30,04	593	153,57	0,26	0,67
30/06/2		31002,4					10,2461						
021	613,0	7	167,58	557,60	613,00	5774,02	3514	25,78	613	50,96	0,28	0,71	
01/07/2		184801,					17457,8						
021	444,0	65	503,67	780,92	444,00	75	24,5210	7385	37,44	444	170,12	0,585	0,985
02/07/2		216898,					16,3103						
021	603,0	21	359,70	688,23	603,00	7755,89	2338	27,99	603	222,86	0,37	0,695	
03/07/2		233992,					9835,12						
021	612,0	83	382,34	695,25	612,00	5	16,5058	9869	28,08	612	218,13	0,36	0,64
04/07/2		195999,					10101,6						
021	603,0	82	325,04	818,85	603,00	1	15,1186	8159	30,73	603	199,01	0,33	0,675
05/07/2		142805,					9116,56						
021	594,0	71	240,41	853,96	594,00	5	12,6323	7374	30,74	594	170,62	0,29	0,665
06/07/2		120074,					11,7673						
021	594,0	49	202,15	601,15	594,00	7503,63	4848	23,25	594	164,16	0,28	0,5	
07/07/2		227545,					6989,80						
021	601,0	8	378,61	827,28	601,00	5	17,0419	0516	32,36	601	218,69	0,36	0,71
08/07/2		228571,					10242,1						
021	599,0	39	381,59	684,02	599,00	85	16,6660	601	27,8	599	219,43	0,37	0,63
09/07/2		237241,					16,6954						
021	608,0	43	390,20	674,18	608,00	9982,97	2763	27,61	608	221,05	0,36	0,63	
10/07/2		234956,					10150,8						
021	605,0	49	388,36	689,64	605,00	2	17,0166	9421	28,53	605	230,28	0,38	0,66
11/07/2		239288,					16,5491						
021	604,0	22	396,17	661,54	604,00	10295,1	5563	26,8	604	215,96	0,36	0,615	
12/07/2		243708,					17,2068						
021	605,0	09	402,82	688,23	605,00	9995,69	0165	28,08	605	224,1	0,37	0,64	

13/07/2021	608,0	240834,46	396,11	702,27	608,00	10410,15	17,54415296	28,9	608	238,51	0,39	0,665
14/07/2021	605,0	242268,31	400,44	703,68	605,00	10666,845	17,43	29,72	605	232,86	0,38	0,71
15/07/2021	613,0	232634,57	379,50	766,88	613,00	10545,15	16,75345024	30,78	613	230,81	0,38	0,73
16/07/2021	602,0	207654,83	344,94	668,56	602,00	10269,865	15,30297342	28,14	602	205,29	0,34	0,65
17/07/2021	581,0	128746,18	221,59	800,59	581,00	9212,39	10,83035284	29,8	581	146,76	0,25	0,685
18/07/2021	598,0	204455,33	341,90	876,44	598,00	6292,435	15,63786789	32,89	598	209,88	0,35	0,755
19/07/2021	601,0	264556,95	440,19	765,48	601,00	9351,445	18,41685524	30,06	601	253,12	0,42	0,725
20/07/2021	90,0	11164,77	124,05	337,09	90,00	11068,53	8,537555556	16,02	90	22,45	0,25	0,485

Fonte: Produção do autor

Tabela 3.2 – Tabela geral Irradiância Global, UVA e UVB

	Tempo de exposição (min)	Acumulada [(W/m ²)min]	Média Geral (W/m ²)	Máxima Geral (W/m ²)
Irradiância Global	38228,0	12876643,3	362,68	953,69
Irradiância UVA	38228,0	649432,9	16,57	38,07
Irradiância UVB	38228,0	13760,0	0,37	1,06

Fonte: Produção do autor

4 PRÓXIMAS ETAPAS

As amostras devem ser expostas a radiação por um maior período de tempo, realizando-se medições periódicas e coleta de dados pelo sistema de aquisição do radiômetro. Será desenvolvido um protocolo para realização das medições. E é desejável automatizar o sistema desenvolvido para contabilizar a irradiação global, UVA e UVB, sendo ele hoje um sistema semi automatizado e também aprimorá-lo para que se obtenha o resultado mais próximo do real possível.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho de pesquisa foi realizada a caracterização ótica das amostras de Níquel Fosforo enegrecido, seleção e alocação das amostras a serem expostas a radiação solar e amostra referência, desenvolvimento de um sistema que permite contabilizar os dados adquiridos através de radiômetros e medidas periódicas das amostras selecionadas. As medidas realizadas nas amostras com o espectrofotômetro e as imagens de sua superfície apresentaram resultados esperados conforme a bibliografia. A exposição das amostras no sistema de exposição foi realizada com êxito e o método desenvolvido para acompanhamento da degradação do material não trás resultados conclusivos sobre o efeito da degradação do material quando exposto à radiação. Isso ocorre pois a amostra referência em suas medições apresentou variações de refletância, essas variações podem ser notadas no gráfico de refletância onde foram realizadas medidas periódicas da amostra, sendo este um efeito não esperado já que as amostras em questão foram fabricadas a mais de um ano, logo a degradação natural não é uma alternativa de causa coerente. Isto pode ser exemplificado na figura 3.9 onde a refletância do dia 1/julho é maior que a do dia 18/julho. Possíveis problemas no procedimento de medida foram identificados, como o posicionamento da amostra no espectrofotômetro, tempo de pré aquecimento das lâmpadas do equipamento utilizado, parâmetros distintos de operação do espectrofotômetro podem influenciar na realização das medidas, sendo uma solução a criação de um procedimento detalhado de medição e realização de testes com a amostra referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SOLANKI, S.K. et al. Solar Irradiance Variability and Climate. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 51, 311, 2013.

[2] GÓMEZ, J. M. et al. A irradiância solar: conceitos básicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 3, 2018.

[3] YEO, K.L. et al. UV solar irradiance in observations and the NRLSSI and SATIRE-S models. *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 120, 6055, 2015.

[4] CARLESSO, F. et al. Conceitos básicos de radiômetros de substituição elétrica para medidas da Irradiância Solar Total. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 2, 2019.

[5] CARLESSO, F. et al. Physical and Optical Properties of Ultra-black Nickel–Phosphorus for a Total Solar Irradiance Measurement. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, v. 248, n. 1, p. 4, 2020.

[6] VILELA, W.A. Estudo, desenvolvimento e caracterização de radiômetros para medidas da radiação solar. São José dos Campos: INPE, 2010.

