



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione

**ANALISI STATISTICA DI DATI AMBIENTALI  
IN STRUTTURE RESIDENZIALI PER ANZIANI**

**STATISTIC ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DATA  
IN ELDERS RESIDENTIAL HOMES**

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. **Ennio Gambi**

Tesi di Laurea di:

**Ermelinda Begotaraj**

A.A. **2019 / 2020**

## Sommario

1 INTRODUZIONE.....	3
2 DATASET .....	3
3 ANALISI STATISTICA .....	4
3.1 media e varianza generale.....	4
3.2 media e varianza giornaliera .....	5
3.2.1 Tre sensori a confronto – dati “prima COVID-19” .....	11
3.2.2 Tre sensori a confronto – dati “dopo COVID-19” .....	14
3.3 caratteristica oraria .....	20
3.3.1 Confronto sensori – dati “prima COVID-19” .....	22
3.3.2 Confronto sensori – dati “dopo COVID-19” .....	26
3.4 Grafico a dispersione .....	30
3.4.1 Dati “prima COVID-19” .....	31
3.4.2 Dati “dopo COVID-19” .....	35
4 CONCLUSIONE .....	40
Bibliografia.....	41

# 1 INTRODUZIONE

L'obiettivo di questa tesi di laurea è di analizzare le caratteristiche dei dati ricavati da 3 sensori installati in altrettante case di riposo per anziani.

I dati sono stati raccolti per il progetto OPENCARE, il quale ha lo scopo di migliorare il rapporto tra case di riposo e famiglie dei pazienti rendendo questo rapporto trasparente ed implementandolo in modo da avere una interfaccia semplice per entrambi gli utenti. [1,2]

I sensori registrano tre parametri della qualità dell'aria particolarmente interessanti: VOC (Volatile Organic Compounds), UMIDITÀ e TEMPERATURA.

Il VOC comprende diversi composti chimici tra cui l'ammoniaca, monossido di carbonio ed etanolo. I livelli di questi componenti devono essere tenuti sotto controllo in quanto potrebbero essere indice di una cattiva igiene e di alcune patologie dei pazienti. [2]

Le misurazioni della qualità dell'aria sono state ottenute utilizzando sensori elettrochimici: l'analisi dei VOC viene effettuata facendo entrare aria all'interno del dispositivo (poiché l'elemento sensibile per questa rilevazione è situato all'interno dell'apparecchio) mentre umidità e temperatura vengono registrati da sensori localizzati all'esterno del dispositivo. [2]

I dati poi vengono inviati al database in modo continuo utilizzando MQTT. [1]

Il lavoro statistico che sarà effettuato sui dati riguarda il calcolo della media e della varianza dei valori secondo varie modalità: nel *paragrafo 3.1* è possibile trovare l'analisi generale -in modo da porre in luce le differenze più evidenti dei valori tra i due periodi presi in esame-, il *paragrafo 3.2* è dedicato all'andamento giornaliero dei parametri mentre il *paragrafo 3.3* confronta i valori ottenuti considerando una specifica fascia oraria per l'intero periodo studiato.

## 2 DATASET

I dati si presentano salvati in file CSV come mostrato in figura 1. Sono presenti, in ordine: data e ora di acquisizione, numero progressivo di acquisizione, valore VOC, valore umidità, valore temperatura, spazio.

1	01/03/2019 00:09
2	55186
3	2
4	0.6207
5	27.7
6	23.3
7	\N
8	01/03/2019 00:19
9	55189
10	2
11	0.6256
12	27.8
13	23.2
14	\N
15	01/03/2019 00:29
16	55192
17	2
18	0.6207
19	27.9
20	23.2
21	\N
22	01/03/2019 00:39
23	55195
24	2
25	0.6207
26	28
27	23.2
28	\N

Figura 1: esempio di visualizzazione dataset

Il dataset, inoltre, è stato diviso in due grandi categorie:

- dati rilevati **prima** dell'emergenza sanitaria COVID-19, che fanno riferimento al periodo compreso tra il 01/03/2019 e il 04/04/2020
- dati rilevati **dopo** l'emergenza sanitaria COVID-19, per la precisione dati registrati tra il 13/05/2020 e 08/06/2020.

### 3 ANALISI STATISTICA

#### 3.1 media e varianza generale

Per l'analisi statistica generale dei dati ricevuti si è scelto di utilizzare la piattaforma *Thingspeak.com*.

Thingspeak è un servizio offerto da Mathworks che consente di aggregare, analizzare e visualizzare flussi di dati; questi possono provenire dai cloud di dispositivi IoT oppure salvati precedentemente in file csv e poi caricati nella piattaforma. [3]

La particolarità della piattaforma è Matlab Analytics, che consente di scrivere ed eseguire codici Matlab in modo da ottenere analisi e visualizzazioni avanzate.

Le funzioni che sono state utilizzate sono:

- 1) *Mean(A)* calcola la media o il valore medio. Se A è un vettore, calcola il valore medio degli elementi del vettore. Per le matrici, il risultato della funzione è il vettore contenente i valori medi di ogni colonna della matrice.
- 2) *Var(A)* permette di ottenere la varianza di un array di elementi. Se A è un vettore, il risultato della funzione sarà uno scalare. Se A è una matrice, si avrà un array di valori per ogni colonna della matrice.

#### MEDIA

	<i>Sensore 1</i>	<i>Sensore 2</i>	<i>Sensore 3</i>
<i>Prima Covid-19</i>	5,1717	2,6280	9,5880
<i>Dopo Covid-19</i>	7,7460	5,8140	12,7940

Tabella 1: media VOC

La media dei valori delle componenti organici volatili è visibilmente aumentata a seguito della pandemia per tutti e tre i sensori.

	<i>Sensore 1</i>	<i>Sensore 2</i>	<i>Sensore 3</i>
<i>Prima Covid-19</i>	37,1125	32,7323	36,6735
<i>Dopo Covid-19</i>	42,2664	38,7813	39,6813

Tabella 2: media umidità

Anche la media dei valori di umidità risulta maggiore da maggio 2020 rispetto al periodo precedente.

	<i>Sensore 1</i>	<i>Sensore 2</i>	<i>Sensore 3</i>
<i>Prima Covid-19</i>	25,5541	27,6955	26,5680
<i>Dopo Covid-19</i>	24,9507	26,9348	26,0497

Tabella 3: media temperatura

I valori medi di temperatura invece appaiono all'incirca costanti, compresi tra i 25°C e i 27°C.

## VARIANZA

	Sensore 1	Sensore 2	Sensore 3
Prima Covid-19	32,2118	15,7096	58,7034
Dopo Covid-19	27,1912	27,4588	23,5685

Tabella 4: varianza VOC

	Sensore 1	Sensore 2	Sensore 3
Prima Covid-19	60,6735	88,7947	149,9394
Dopo Covid-19	28,2580	11,8130	39,9605

Tabella 5: varianza umidità

	Sensore 1	Sensore 2	Sensore 3
Prima Covid-19	9,1230	2,0181	3,2613
Dopo Covid-19	2,0970	0,3054	1,1017

Tabella 6: varianza temperatura

### 3.2 media e varianza giornaliera

Per effettuare il calcolo della media su base giornaliera si è scelto di utilizzare Matlab.

Il codice che segue descrive tutti i passi che sono stati svolti per analizzare il file contenente i dati ricavati dal primo sensore (sensore02). Per il sensore03 e il sensore04 il procedimento è identico.

```
1 - ds=readtable('sensor_02mod.csv');
2
3 % si crea il vettore rows che contiene il numero di righe contenenti la
4 % stessa data. La tabella occu riassume le date e il numero di volte in cui
5 % si ripetono
6 - date=ds(:,1);
7 - [Au,~,ic] = unique(date, 'stable');
8 - rows = accumarray(ic, 1);
9 - occu= table(Au,rows);
10
11
12
```

Come prima cosa si carica il file da analizzare sfruttando la funzione `readtable()` che inserisce i dati del file separati dalla virgola in colonne, pronte per essere utilizzate.

Si continua separando la prima colonna della tabella `ds` che contiene le date di acquisizione dei valori. Per far questo, viene creato il vettore `date` di tante righe quante le righe di `ds` e una colonna.

Attraverso la funzione `unique()` otteniamo una colonna di date "uniche", cioè senza ripetizioni. Il risultato della funzione è il seguente:



A questo punto è possibile iniziare l'analisi, considerando intervalli di dati corrispondenti ad ogni giornata.

```
13 %% si analizza la 5°,6° e 7° colonna del file csv in esame e si suddividono le righe in giornate
14
15 % crea un vettore di zeri che verranno poi sostituiti con i risultati delle
16 % medie/varianze dei valori.
17 - H=zeros(length(Au),2); % vettore che contiene media e varianza di valori VOC
18 - U=zeros(length(Au),2); % vettore che contiene media e varianza di valori umidità
19 - T=zeros(length(Au),2); % vettore che contiene media e varianza di valori temperatura
20
21 % caso 1 : righe da 1 a 139(=rows(1))
22 - iniz=1;
23 - app=rows(1);
24 - H(1,1)=mean(ds{iniz:app,5});
25 - H(1,2)=var(ds{iniz:app,5});
26 - U(1,1)=mean(ds{iniz:app,6});
27 - U(1,2)=var(ds{iniz:app,6});
28 - T(1,1)=mean(ds{iniz:app,7});
29 - T(1,2)=var(ds{iniz:app,7});
30
31 - for i=2:length(rows)
32 -     start=app+1; % valore finale del caso precedente +1
33 -     fin=start+rows(i)-1; % valore di inizio + contenuto i-esimo del file rows-1 (=ultimo valore da considerare)
34 -         % che indica quante righe di ds appartengono alla stessa data
35 -     app=fin; % aggiorno app con il nuovo valore di fin
36 -     H(i,1)=mean(ds{start:fin,5});
37 -     H(i,2)=var(ds{start:fin,5});
38 -     U(i,1)=mean(ds{start:fin,6});
39 -     U(i,2)=var(ds{start:fin,6});
40 -     T(i,1)=mean(ds{start:fin,7});
41 -     T(i,2)=var(ds{start:fin,7});
42 - end
43
```

È necessario creare i vettori che conterranno i risultati di medie e varianze. Il vettore  $H[]$  è dedicato ai valori di VOC, il vettore  $U[]$  ai valori di umidità ed infine il vettore  $T[]$  avrà informazioni sulla temperatura.

Il caso 1 viene analizzato separatamente dai successivi, in modo da capire meglio il funzionamento del ciclo for.

Per poter definire l'intervallo di dati da analizzare si ha bisogno di passare al programma un valore di inizio (*iniz*) ed uno di fine (*app*). Il valore di inizio è certamente 1. Per poter calcolare il valore finale, si chiederà aiuto al vettore *rows*: il numero di ripetizioni della data della prima giornata (01/03/2019) sarà proprio il valore del primo elemento di *rows* (139, in questo caso).

Perciò, si chiede al programma di calcolare la media di tutti i valori del file *ds* che vanno dalla riga 1 alla riga 139 (=rows(1)) della colonna 5 (contente i valori di VOC) e di inserirle il valore risultante nel primo elemento -riga 1, colonna 1- di *H*.

Lo stesso viene fatto per il calcolo della varianza con la differenza che i risultati saranno inseriti in modo ordinato nella colonna 2 di *H*.

In questo modo è semplice ottenere anche media e varianza di umidità (colonna 6 di *ds*) e temperatura (colonna 7 di *ds*).

Il ciclo for segue questa logica:

Il caso 2 inizierà dalla riga immediatamente successiva al caso 1 (= *app+1*). Il valore della riga finale (*fin*) sarà uguale al valore di inizio + il valore del secondo elemento di *rows-1* (il -1 viene inserito perché in caso contrario la prima riga verrebbe considerata due volte).

Ora il valore finale del caso 2 diventerà l'elemento precedente del caso 3: si eguaglia *app* e *fin*.

Il ciclo for terminerà quando gli elementi di *rows* saranno stati tutti utilizzati e questo significa anche che tutti i dati di *ds* sono stati analizzati.

Si otterranno quindi questi vettori:

Variables - H			
H			
249x2 double			
	1	2	3
1	0.9937	2.7030	
2	0.6996	0.0042	
3	0.6076	0.0038	
4	0.6633	0.0064	
5	0.7785	0.6211	
6	0.8260	0.8515	
7	0.7972	0.0036	
8	1.8611	9.8289	
9	0.7215	0.0056	
10	0.7116	0.0026	
11	0.7679	0.0051	
12	0.6344	0.0103	
13	0.6937	0.0137	
14	0.8363	1.0921	
15	0.8974	1.9457	
16	0.7354	0.0029	
17	0.7683	0.0061	
18	0.7653	0.0082	
19	0.8898	2.4822	
20	1.0916	4.6559	
21	0.7233	0.0068	
22	0.7390	0.0086	
23	0.9043	1.2898	
24	0.9735	1.8741	
25	2.5804	14.4390	

Variables - U			
U			
249x2 double			
	1	2	3
1	33.5604	8.5473	
2	32.8896	4.6223	
3	29.0062	4.6866	
4	30.8035	1.9539	
5	32.9382	3.6445	
6	31.0264	4.0183	
7	34.1660	0.3914	
8	36.7146	2.3639	
9	33.2382	2.6288	
10	34.9931	5.7780	
11	37.8622	3.0403	
12	27.6694	31.9315	
13	28.2500	8.1428	
14	30.1479	4.4750	
15	32.4097	3.8919	
16	35.8788	3.1177	
17	36.8313	1.3378	
18	36.6757	2.3582	
19	34.4743	3.7138	
20	29.4429	9.9895	
21	28.7283	0.9911	
22	29.3444	3.0306	
23	29.6861	4.4675	
24	29.9868	8.6165	
25	30.5615	4.8032	

Variables - T			
T			
249x2 double			
	1	2	3
1	22.9655	0.0481	
2	22.9104	0.0875	
3	23.0736	0.0610	
4	23.6299	0.1361	
5	23.6854	0.0438	
6	23.0910	0.0412	
7	23.5910	0.1750	
8	24.1396	0.0323	
9	23.7660	0.0130	
10	23.2479	0.0313	
11	22.9427	0.0156	
12	22.7306	0.1295	
13	22.8028	0.1176	
14	22.7667	0.0632	
15	22.3792	0.0169	
16	23.0343	0.2261	
17	23.3514	0.0457	
18	23.4389	0.0382	
19	23.1771	0.1423	
20	23.9207	1.0224	
21	24.1759	0.5630	
22	22.9674	0.0952	
23	22.5653	0.1725	
24	22.8403	0.2900	
25	23.6490	0.3342	

Il modo da poter visualizzare l'andamento complessivo dei valori appena ottenuti si possono creare grafici aventi nell'asse-x le date di acquisizione (= valori di Au) e nell'asse-y i risultati di media (Figura 3.1.1/3/5) e di varianza (Figura 3.1.2/4/6).

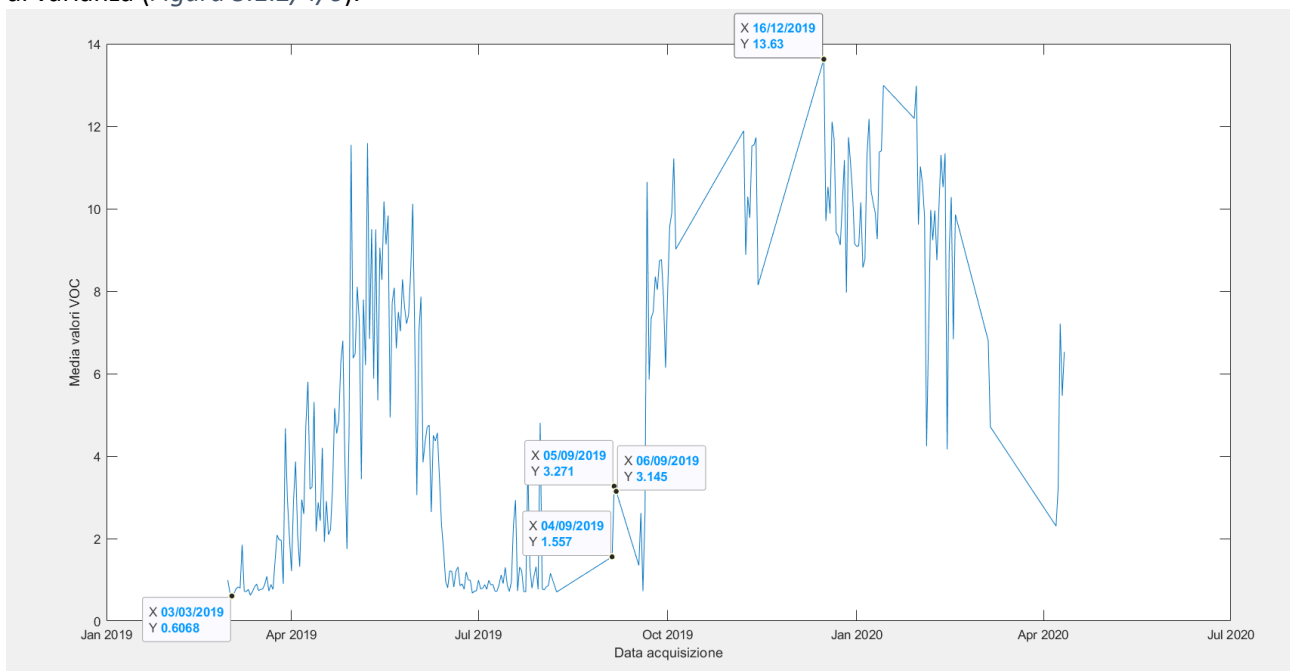


Figura 3.1.1: media valori VOC

La figura 3.1.1 mostra una curva frastagliata, con valori che possono essere molto diversi da un giorno all'altro. Infatti, come esempio, si può considerare il giorno 04/09/2019 con media di VOC pari a 1.557. Il giorno successivo -05/09/2019- ha come valore 3.271, mentre il valore di VOC corrispondente al giorno 06/09/2019 è 3.145.

Inoltre, è ben visibile il valore minimo di VOC -pari a 0.6068- corrispondente al giorno 03/03/2019 ed il valore massimo -pari a 13.63- del 16/12/2019.

Per quanto riguarda la varianza, il range di valori ottenuti è 0.00374-63.35, passando per 16.63(13/11/2019), 32.19(14/11/2.19) e 24.7(16/12/2019).



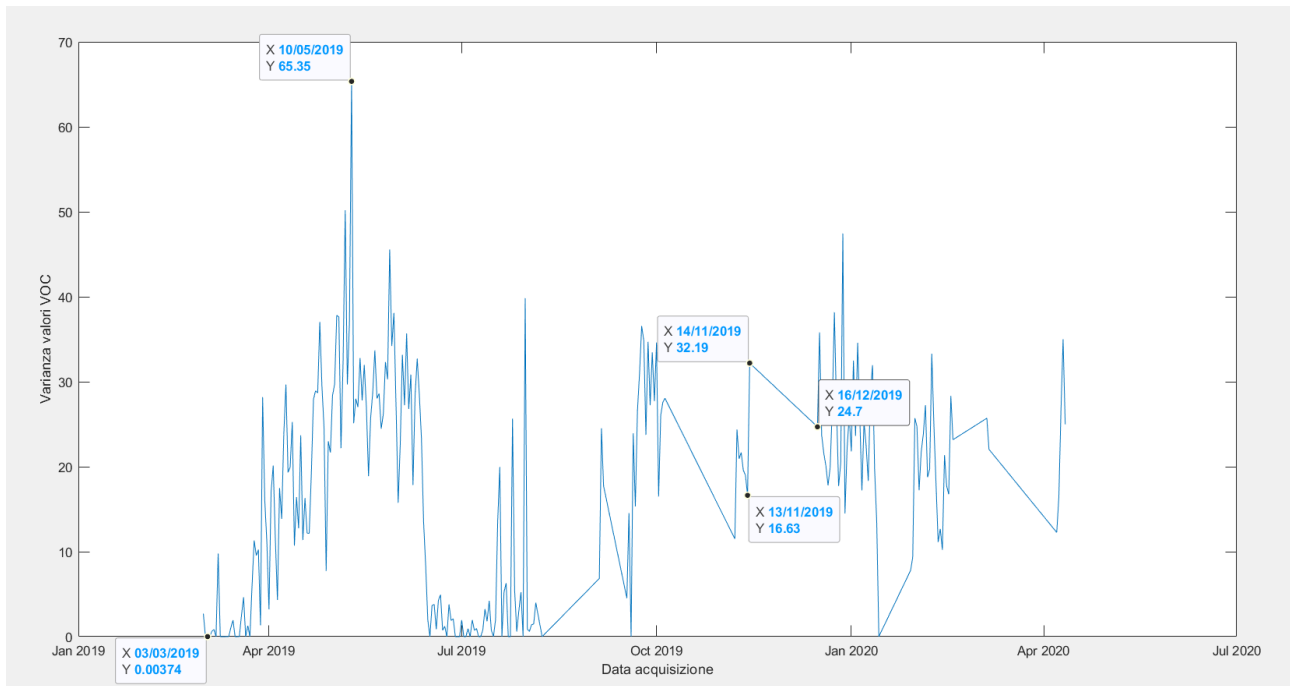


Figura 3.1.2: varianza valori VOC

La *Figura 3.1.3* che segue mostra, per i valori di umidità, una media di 35.51 il giorno 12/06/2019, 38.7 il 13/06/2019, 40.29 il 14/06/2019 e 33.89 il 15/06/2019.

Il valore più alto è stato registrato il 22/09/2019 (55.34) e quello più basso il 04/02/2020 (19.19).

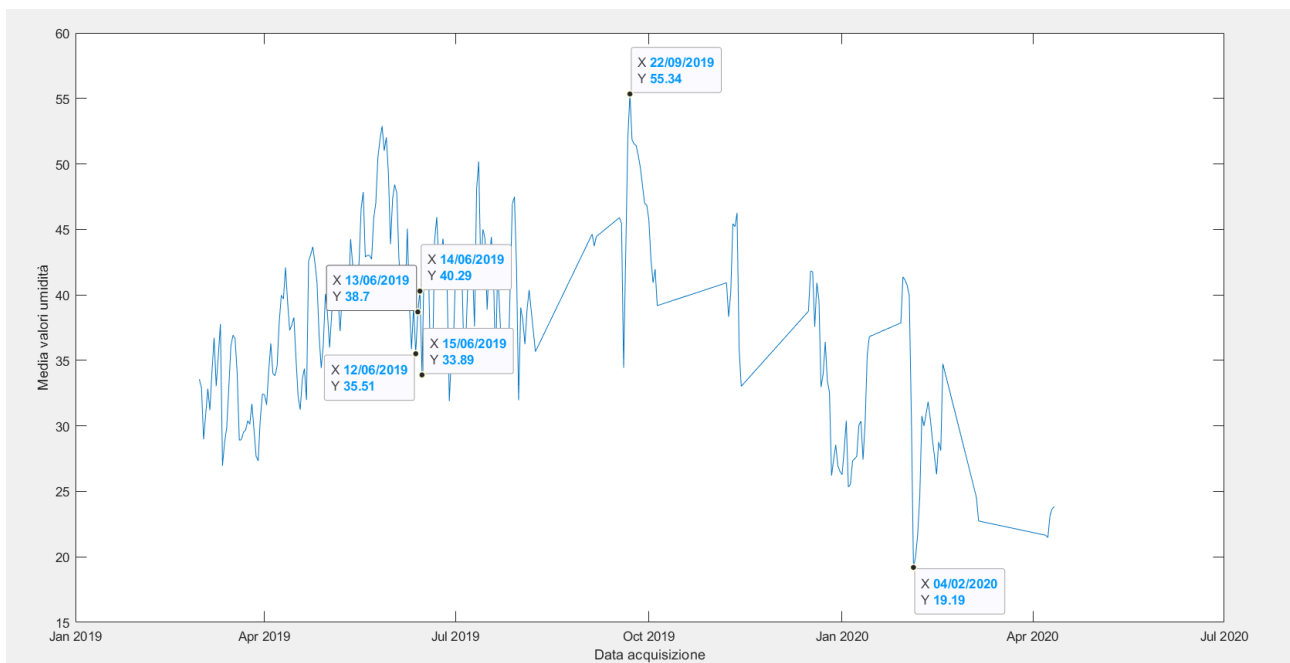


Figura 3.1.3: media valori umidità

Nella *Figura 4.3.4* si notano alcuni picchi più evidenti: il valore più alto è registrato il 12/06/2019 con una varianza pari a 29.84.

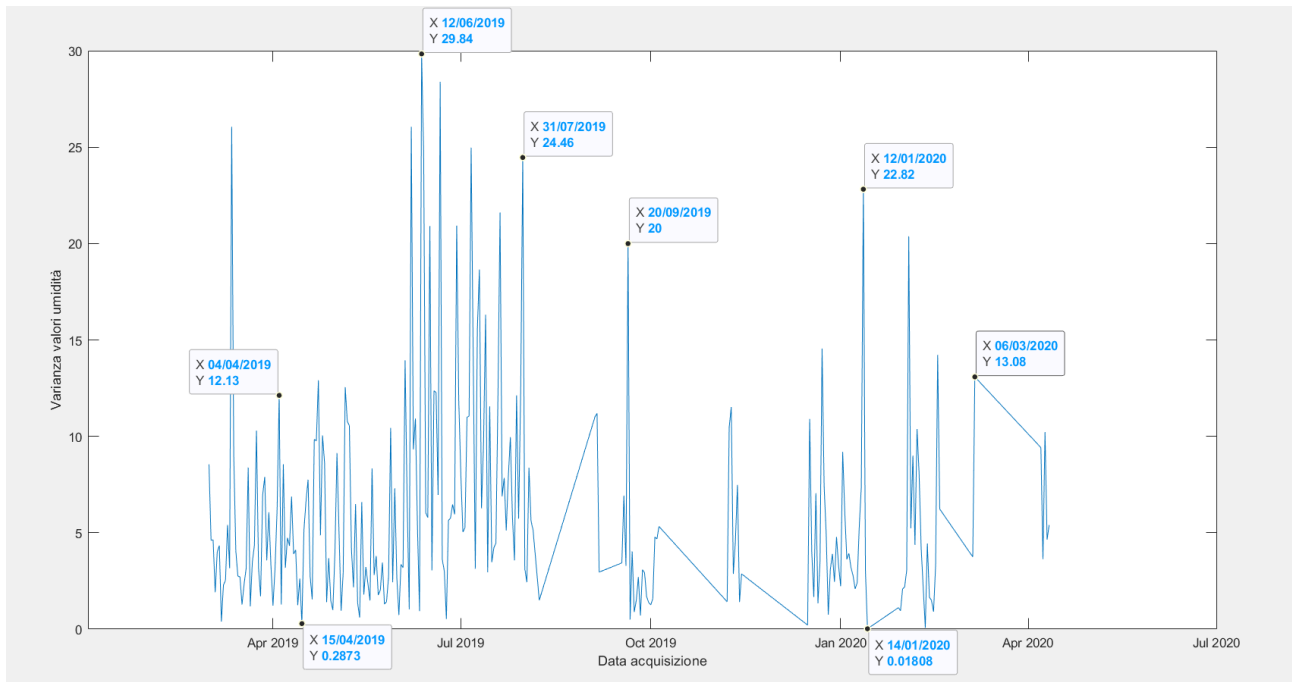


Figura 3.1.4: varianza valori umidità

Il range di valori ottenuti di media giornaliera della temperatura è mostrato nella figura che segue (figura 3.1.5) e va da un minimo di 20.82 ad un massimo di 32.93.

Durante la prima settimana di giugno, l'aumento della media di temperatura è lineare, con una variazione di  $\approx 1$  °C rispetto al giorno precedente.

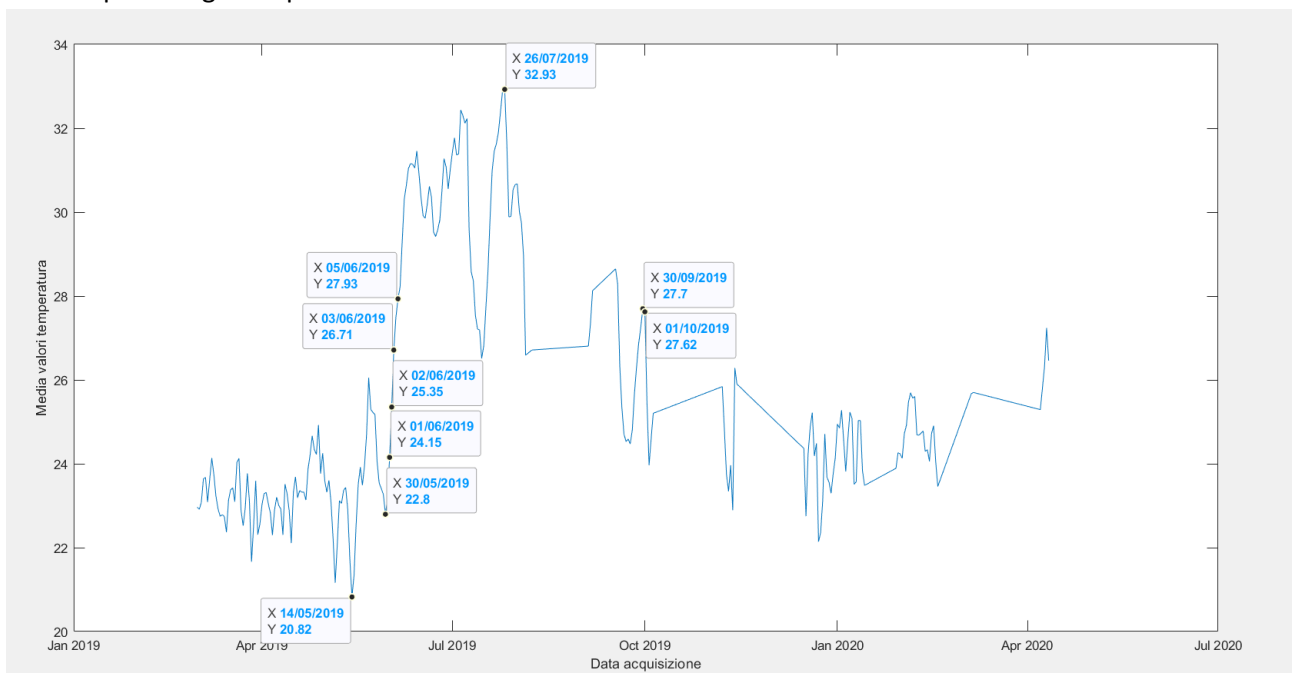


Figura 3.1.5: media valori temperatura

Anche per quanto riguarda la varianza giornaliera di temperatura si notano due picchi di valore 2.893 (04/08/2019) e 3.116 (04/01/2020).

Il valore più basso è approssimabile a zero dato che è pari a 0.009557.

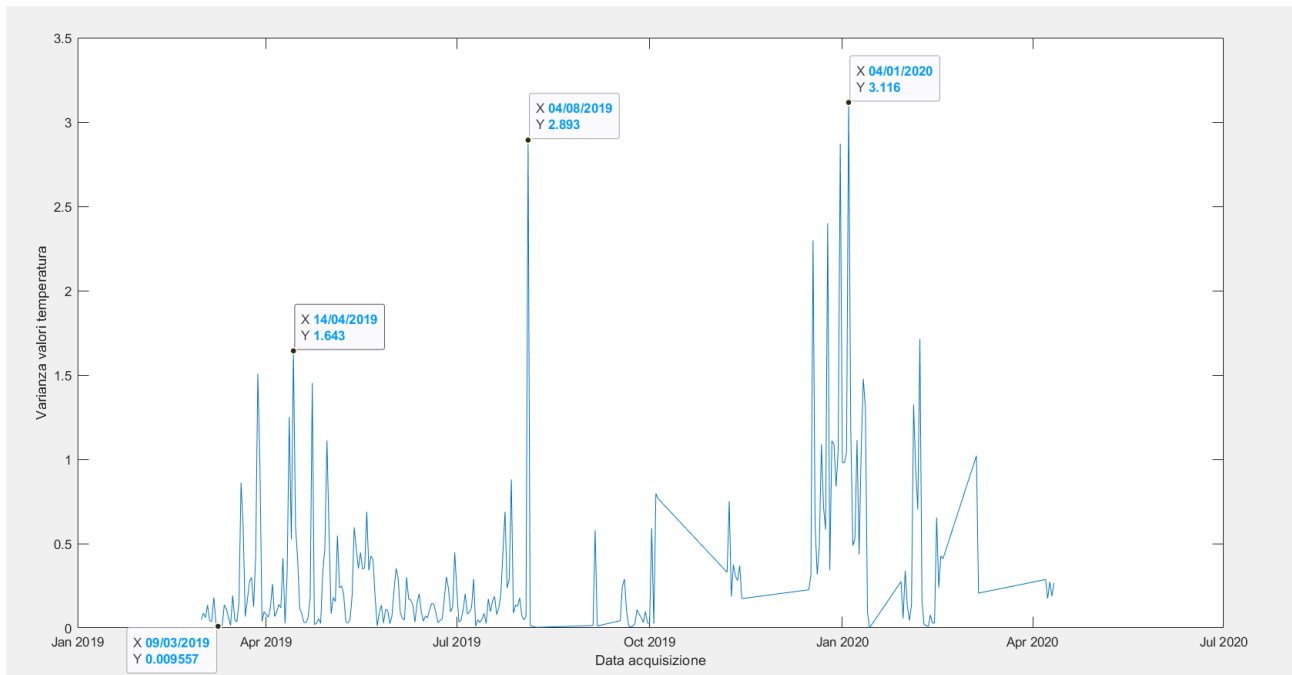


Figura 3.1.6: varianza valori temperatura

### 3.2.1 Tre sensori a confronto – dati “prima COVID-19”

VOC

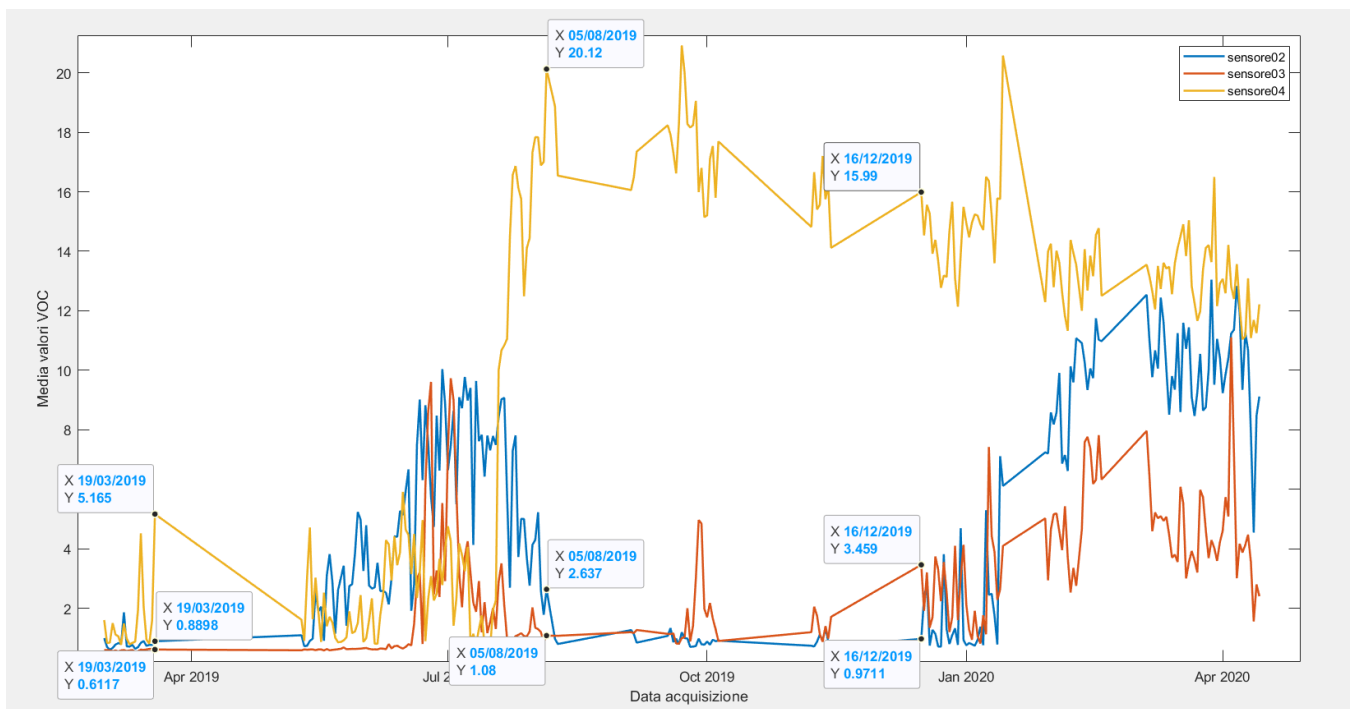


Figura 3.2.1: confronto media VOC

Mentre i valori ottenuti dai sensori 02 e 03 hanno andamento simile, i valori del sensore 04 si discostano di molto a partire da fine luglio 2019 per poi seguire di nuovo la tendenza degli altri due sensori da febbraio 2020 fino alla fine del periodo analizzato.

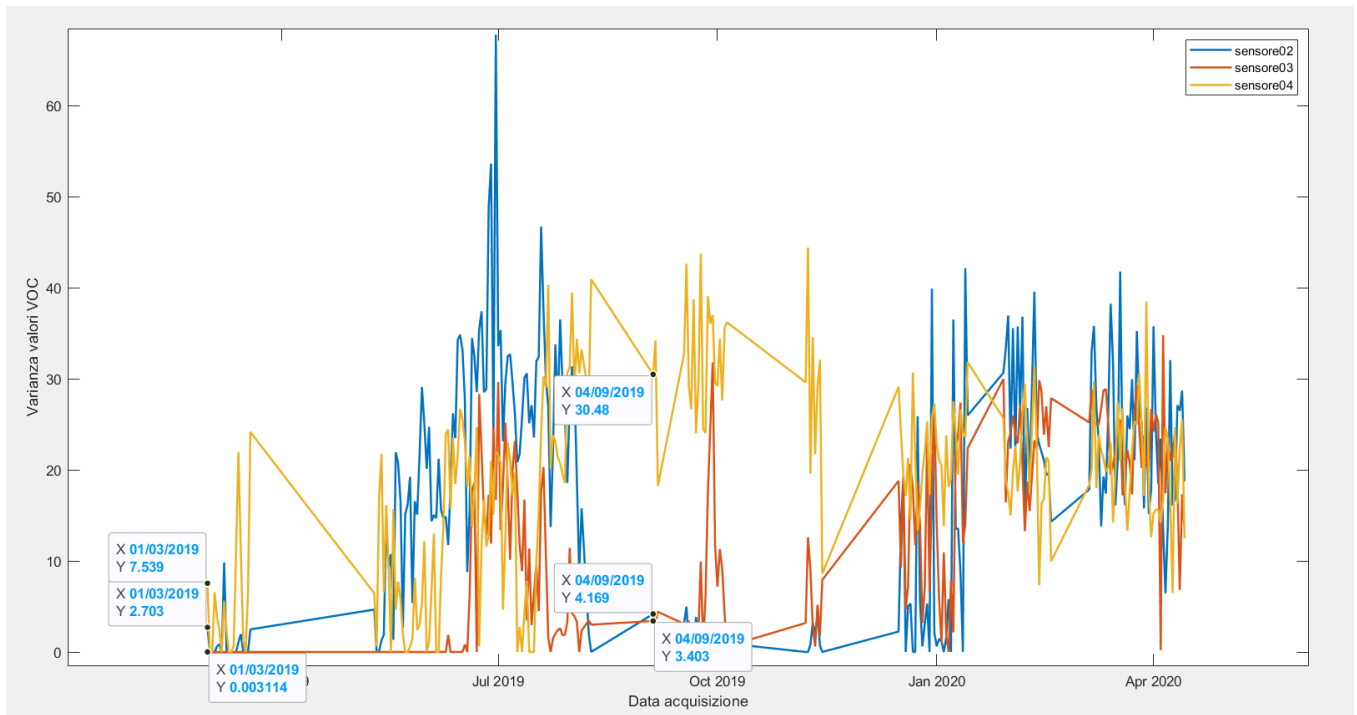


Figura 3.2.2: confronto varianza VOC

La varianza del sensore 02 risulta avere un picco di valore 70 a fine maggio 2019. Gli altri picchi presenti si mantengono al di sotto di 40. In questo grafico sono particolarmente evidenti i periodi in cui i sensori non hanno registrato nessun dato e corrispondono ai segmenti obliqui (sei in totale).

## UMIDITÀ

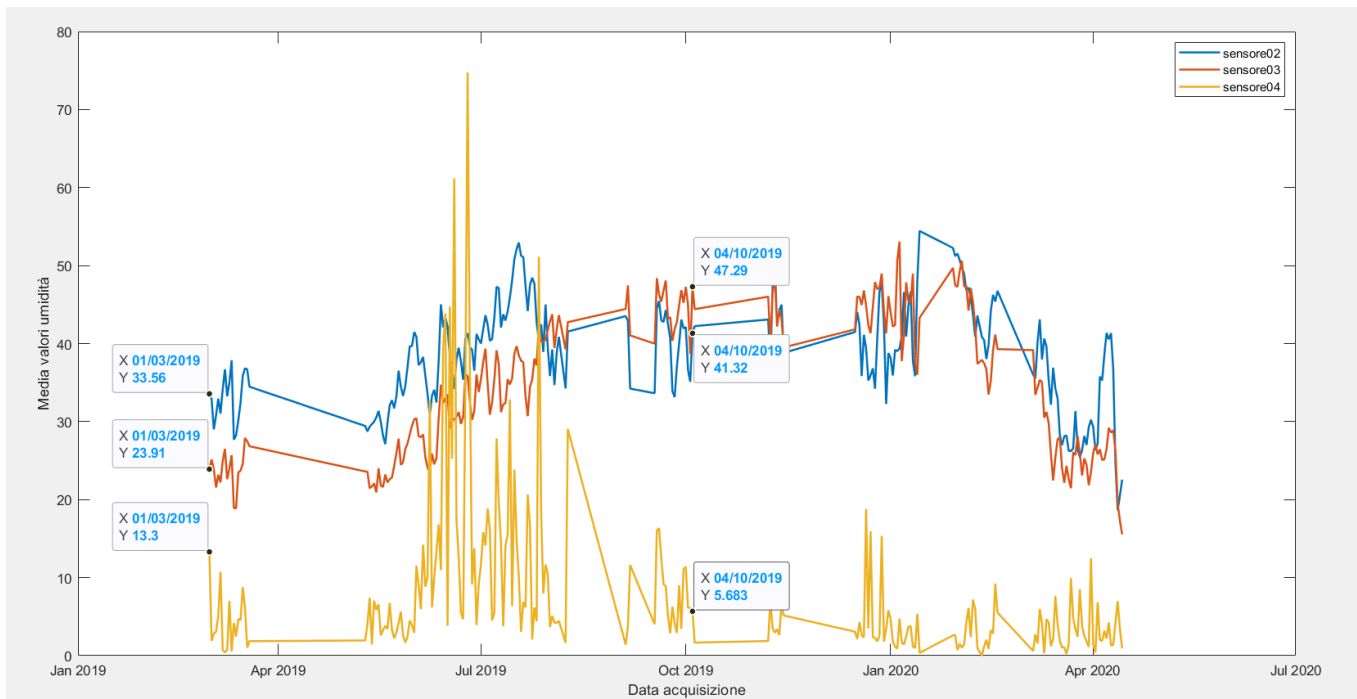


Figura 3.2.3: confronto media umidità

I valori medi di umidità hanno andamento pressoché uguale per tutta la durata dell'osservazione, differendo tra maggio 2019 e settembre 2019 (il sensore 04 mostra molteplici picchi di valore anche elevato).

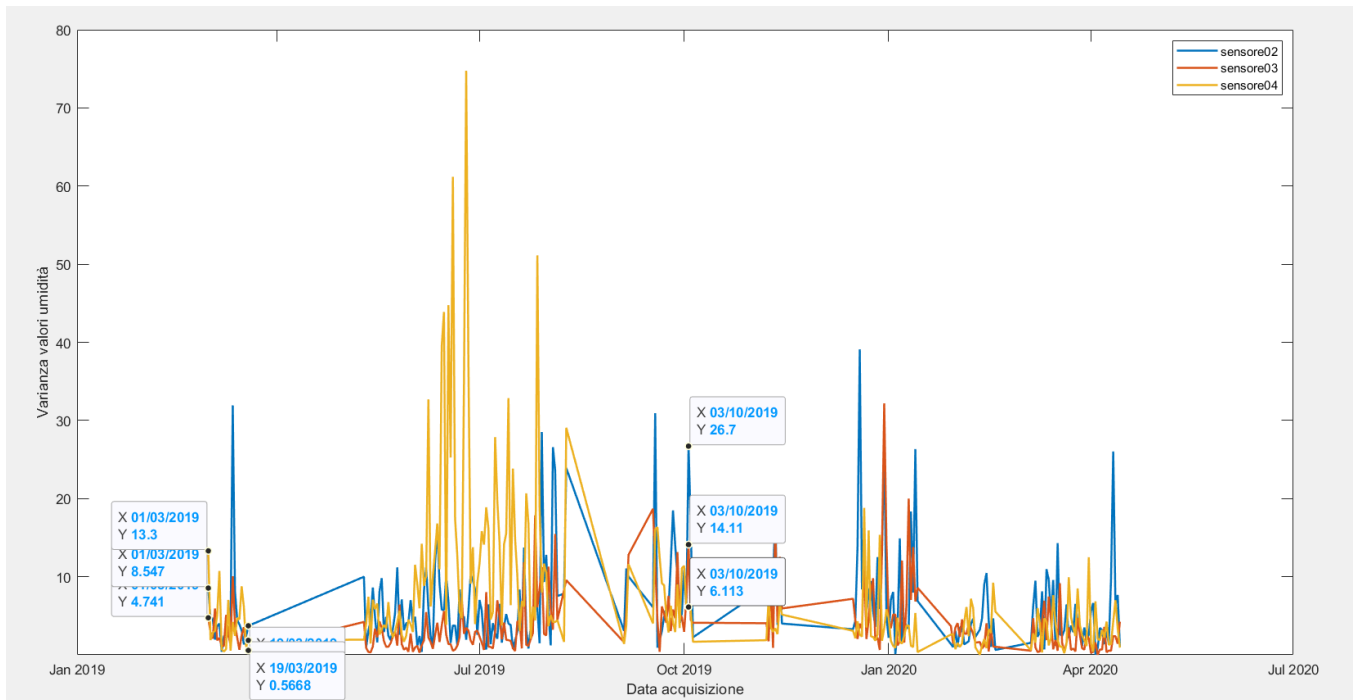


Figura 3.2.4: confronto varianza umidità

Il grafico mostra la varianza dei valori di umidità che per la maggior parte dell'analisi non supera il valore 30. Come ci si aspettava, i valori compresi tra maggio e settembre 2019 mostrano una varianza compresa tra 30 e 75.

## TEMPERATURA

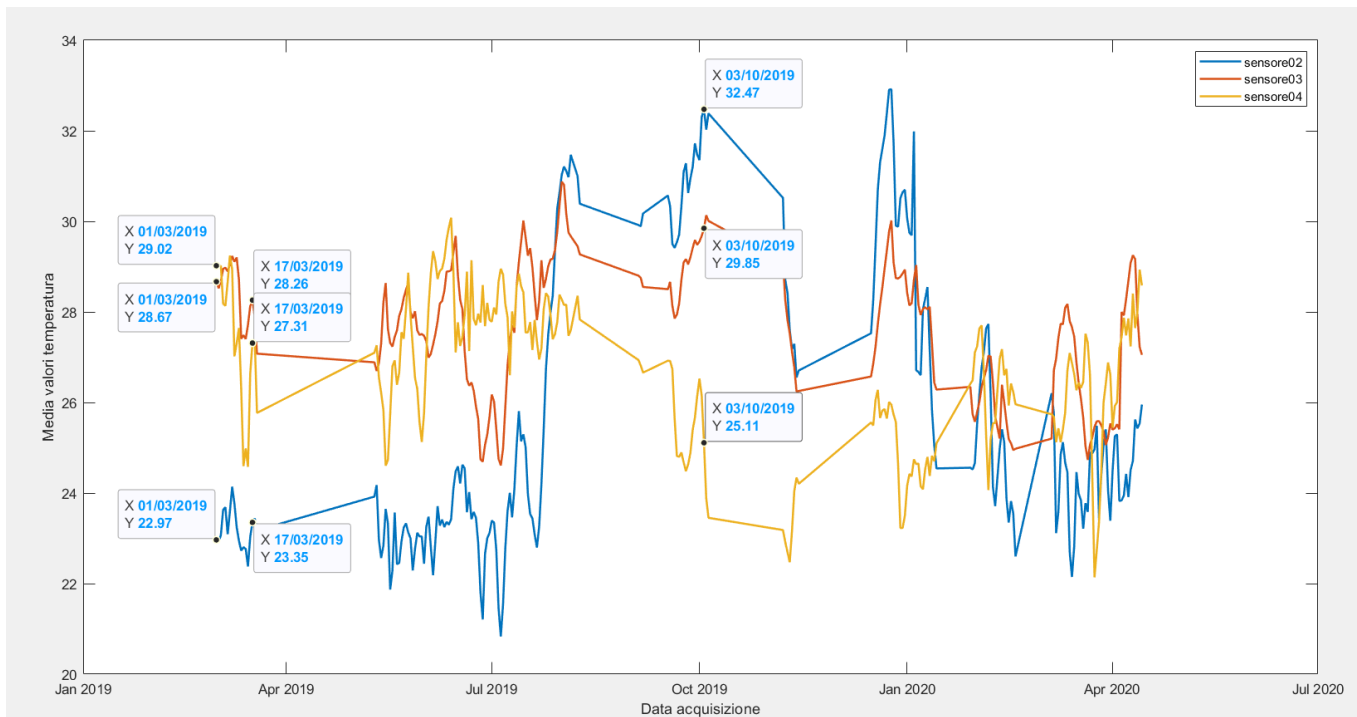


Figura 3.2.5: confronto media temperatura

L'analisi della temperatura mostra vari aspetti: come prima cosa, dall'inizio della rilevazione fino a luglio 2019 il sensore 02 registra valori molto diversi rispetto ai sensori 03 e 04. Infatti, si può notare come il 01/03/2019 il valore di temperatura media della stanza in cui il sensore 02 è stato installato è di 22.97°C mentre il valore degli altri sensori è all'incirca 29°C. Successivamente, l'andamento generale delle curve è molto simile, con valori che differiscono di 3 - 4 °C. Da gennaio ad aprile 2020, il trend dei valori rimane racchiuso nella fascia di temperatura 23-29°C per tutti e tre i sensori.

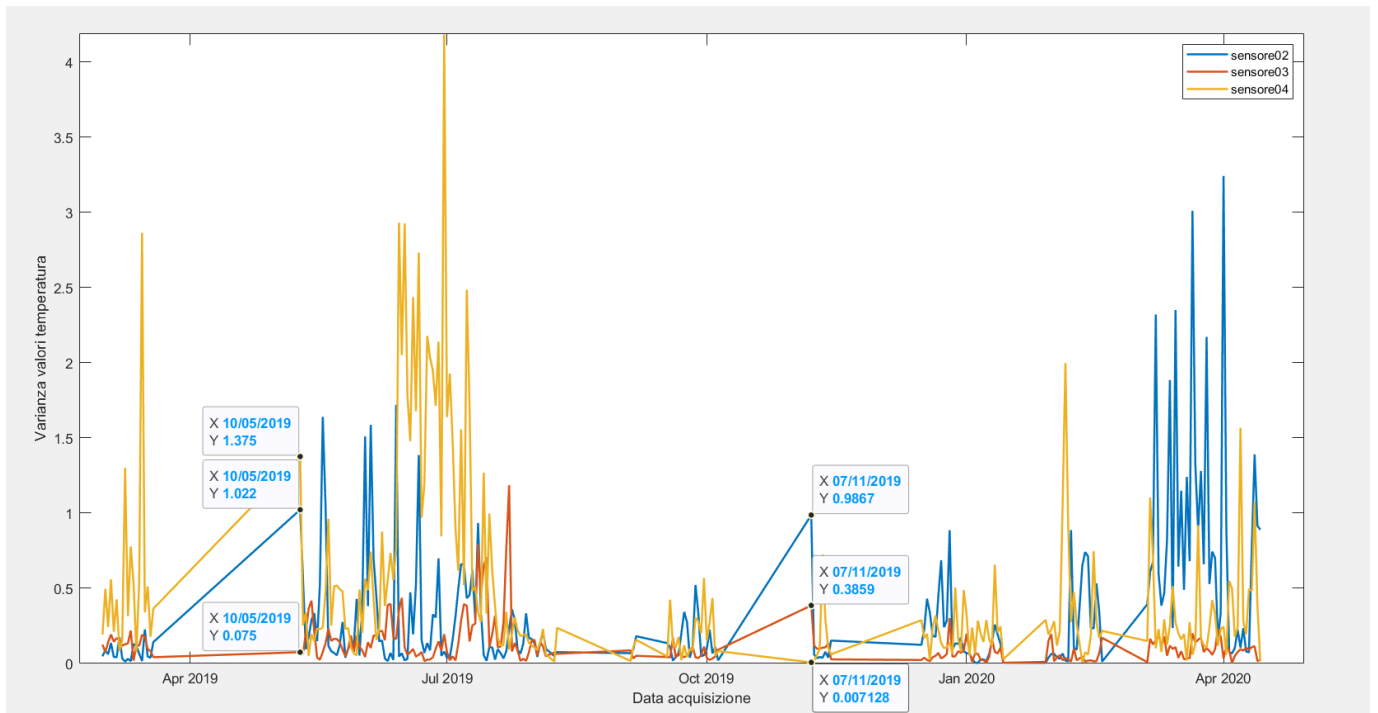


Figura 3.2.6: confronto varianza temperatura

La varianza dei valori di temperatura sono bassi, molti dei quali compresi tra 0 e 1. Alcuni picchi assumono il valore 3 fino a superare il valore 4 a luglio 2019.

### 3.2.2 Tre sensori a confronto – dati “dopo COVID-19”

Il sensore03 ha rilevato ed inviato i dati compresi tra il 15/05/2020 – 25/05/2020.

Per questo motivo si è ritenuto opportuno visualizzare, attraverso l'utilizzo dei grafici

- 1) Il confronto tra tutti e tre i sensori in cui nell'asse x saranno visualizzati i giorni di acquisizione dei dati del sensore03.
- 2) Il confronto dei sensori 02 e 04 in una finestra temporale più ampia.

### VOC

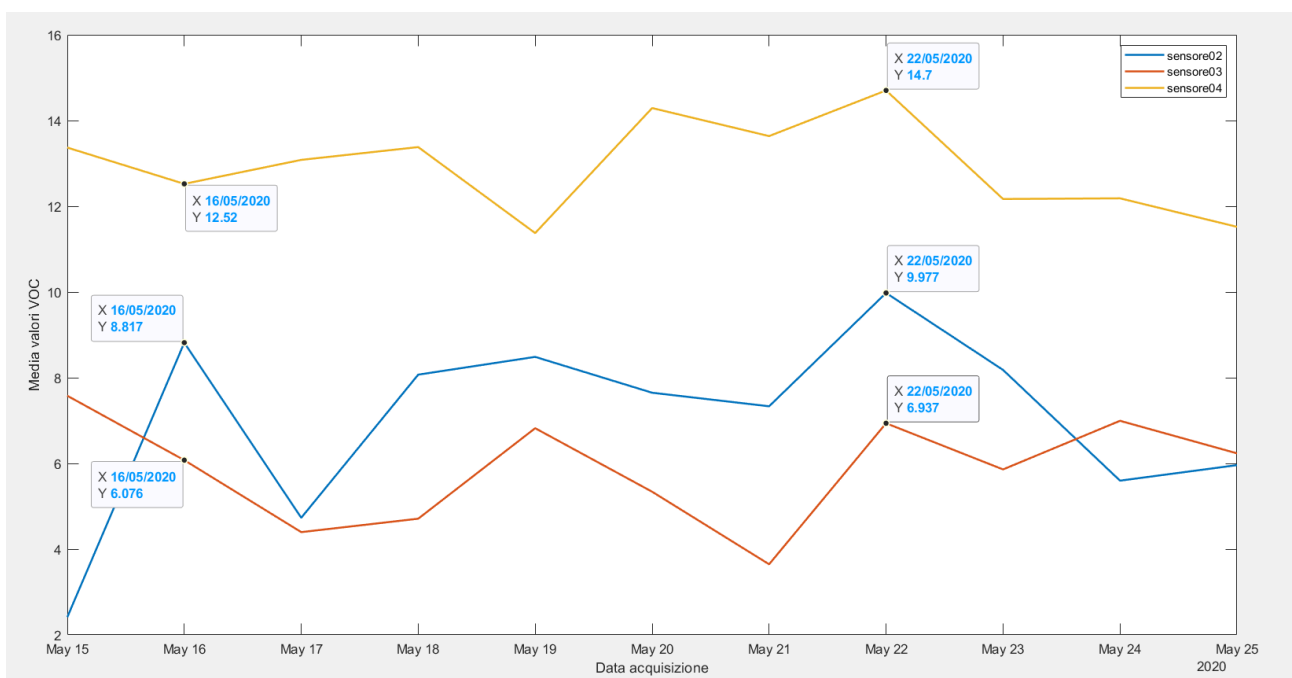


Figura 3.2.7: confronto media VOC

E' possibile vedere chiaramente come il valore rilevato dal sensore 04 il 16/05/2020 (12.52) sia il doppio di quello rilevato quello stesso giorno dal sensore 03 (pari a 6.076). In generale, è possibile affermare che il sensore 04 assuma valori doppi rispetto agli altri due sensori per tutta la durata della raccolta dei dati.

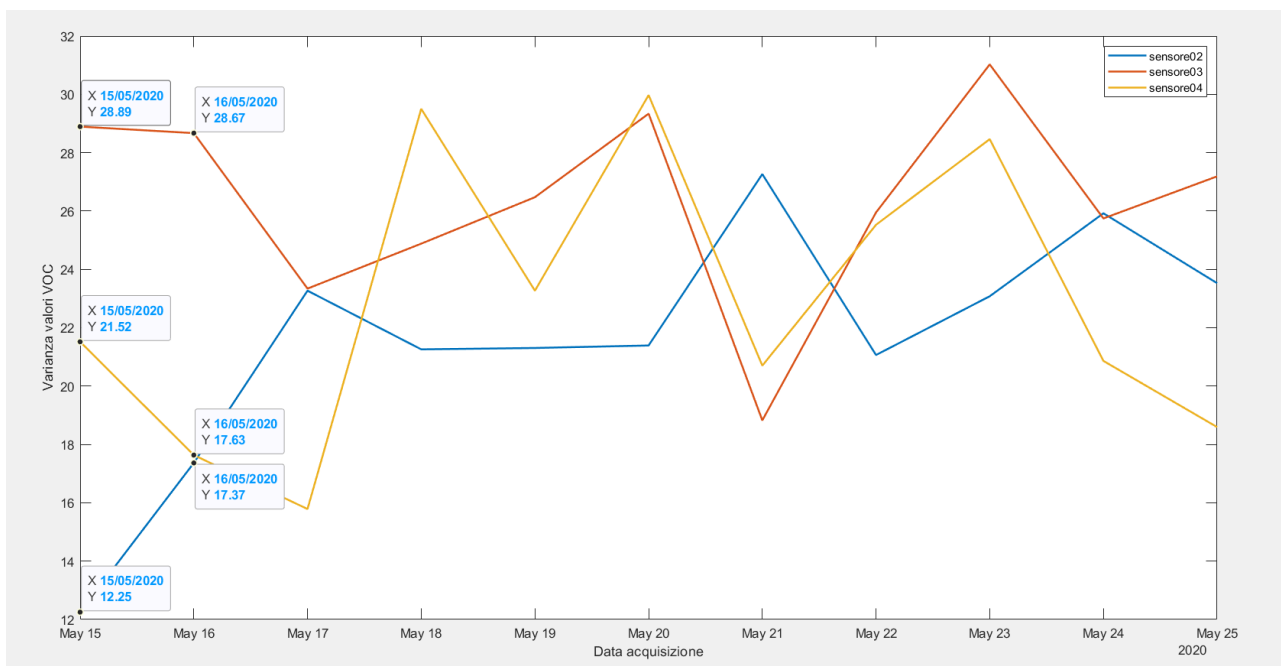


Figura 3.2.8: confronto varianza VOC

La varianza dei valori di VOC è contenuta tra 12 e 31, con quest'ultimo valore più elevato raggiunto dal sensore 03 il 23 maggio 2020.

### UMIDITÀ

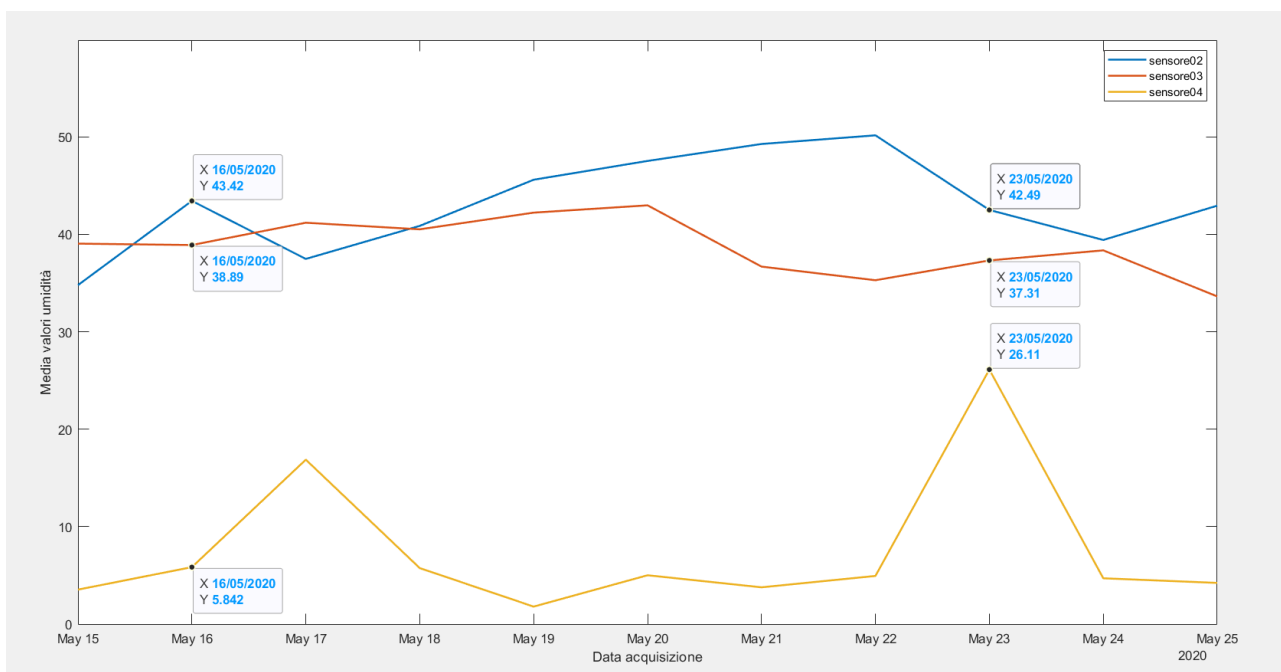


Figura 3.2.9: confronto media umidità

La media dei valori di umidità del sensore 04 risulta molto inferiore rispetto quella dei valori appartenenti ai sensori 02 e 03. Il valore di picco della curva gialla (corrispondente a 26.11) risulta anche essere il valore più vicino alle curve azzurra e rossa.

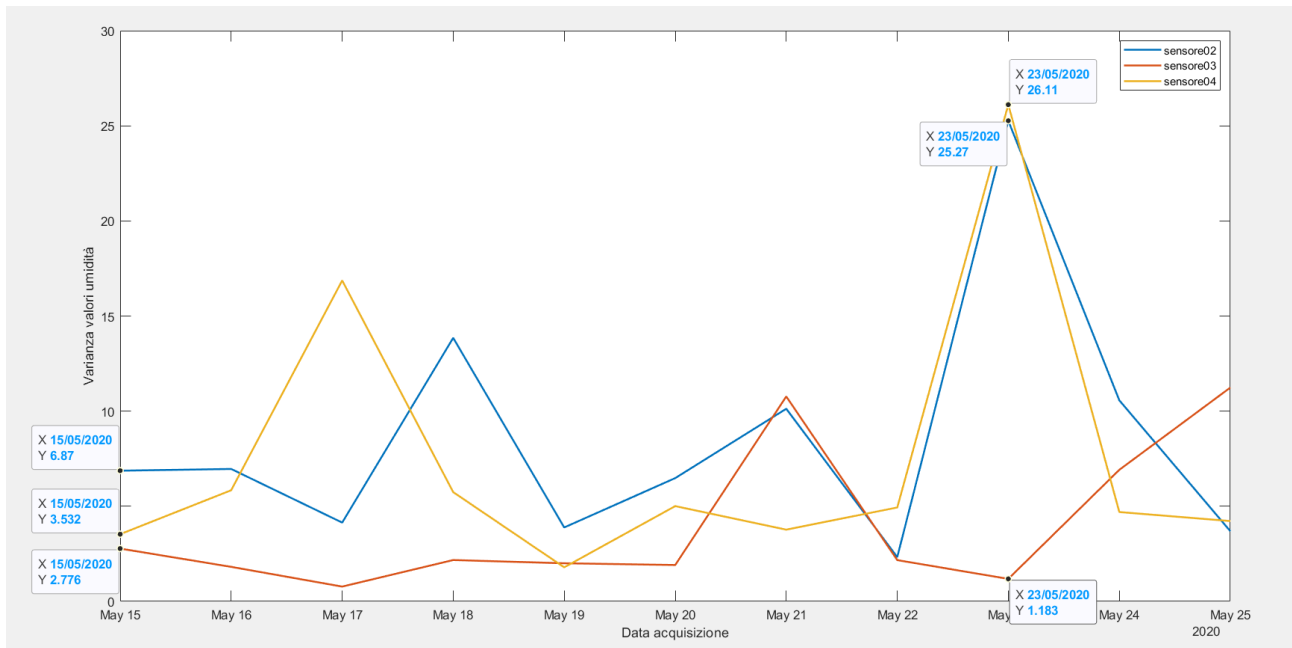


Figura 3.2.10: confronto varianza umidità

Dalla figura 3.2.10 è possibile notare come alcuni picchi dei 3 sensori siano molto vicini: il giorno 23/05/2020 il sensore 02 ed il sensore 04 registrano un valore di umidità molto simile, all'incirca 26. Inoltre, il 21 maggio 2020 il sensore 02 ed il sensore 03 rilevano il valore di umidità intorno a 10.

## TEMPERATURA

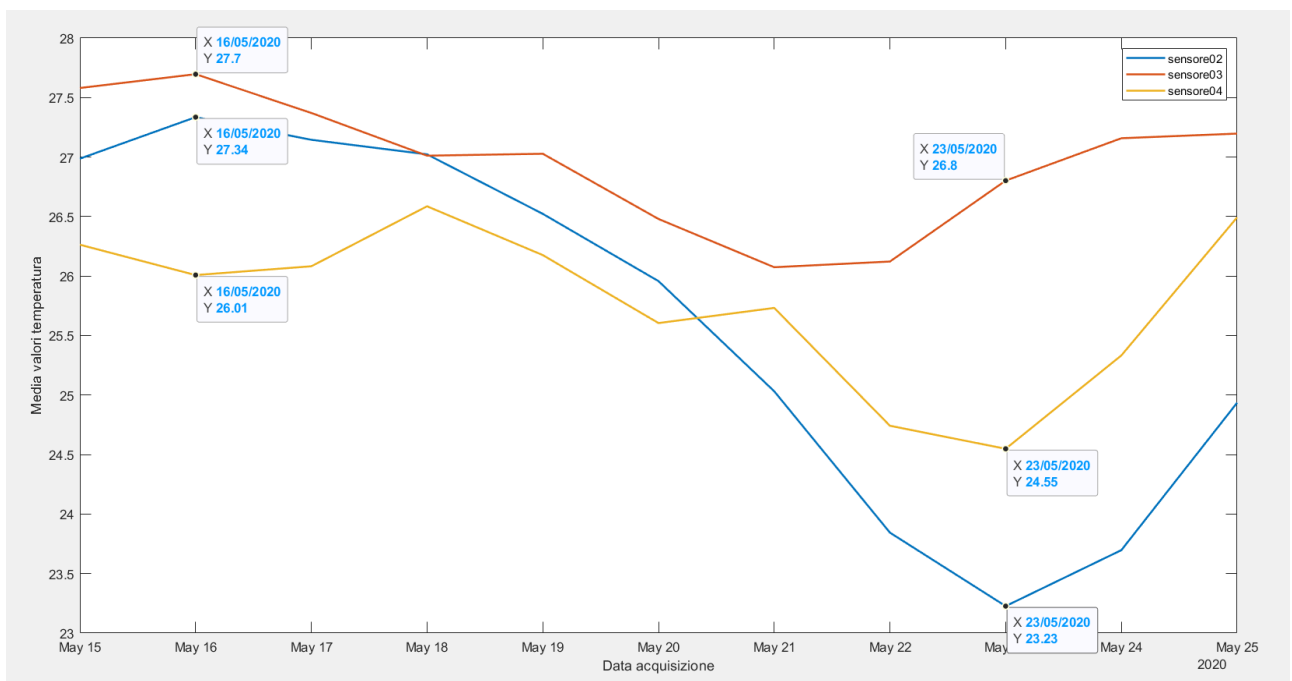


Figura 3.2.11: confronto media temperatura

L'andamento delle curve che descrivono i valori di temperatura registrati nel periodo immediatamente successivo lo scoppio della pandemia è molto simile: all'inizio della rilevazione i valori risultano essere compresi tra 26°C e 27.5°C, mentre verso la fine del mese (dal 21 al 25 maggio 2020) l'andamento delle curve decresce leggermente (curva rossa) oppure in modo repentino (curva blu). A fine maggio le temperature subiscono un aumento.



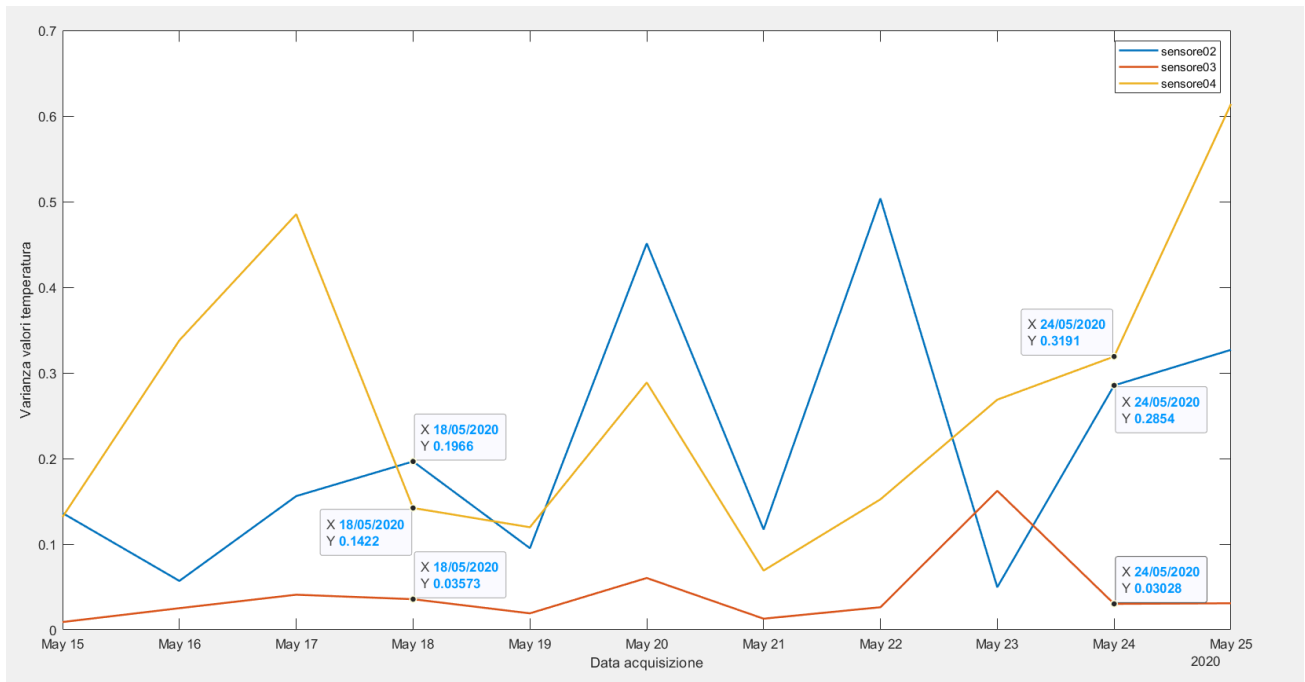


Figura 3.2.12: confronto varianza temperatura

**RISULTATI CONFRONTO SENSORI 02 E 04 DAL 13/05 AL 08/06**

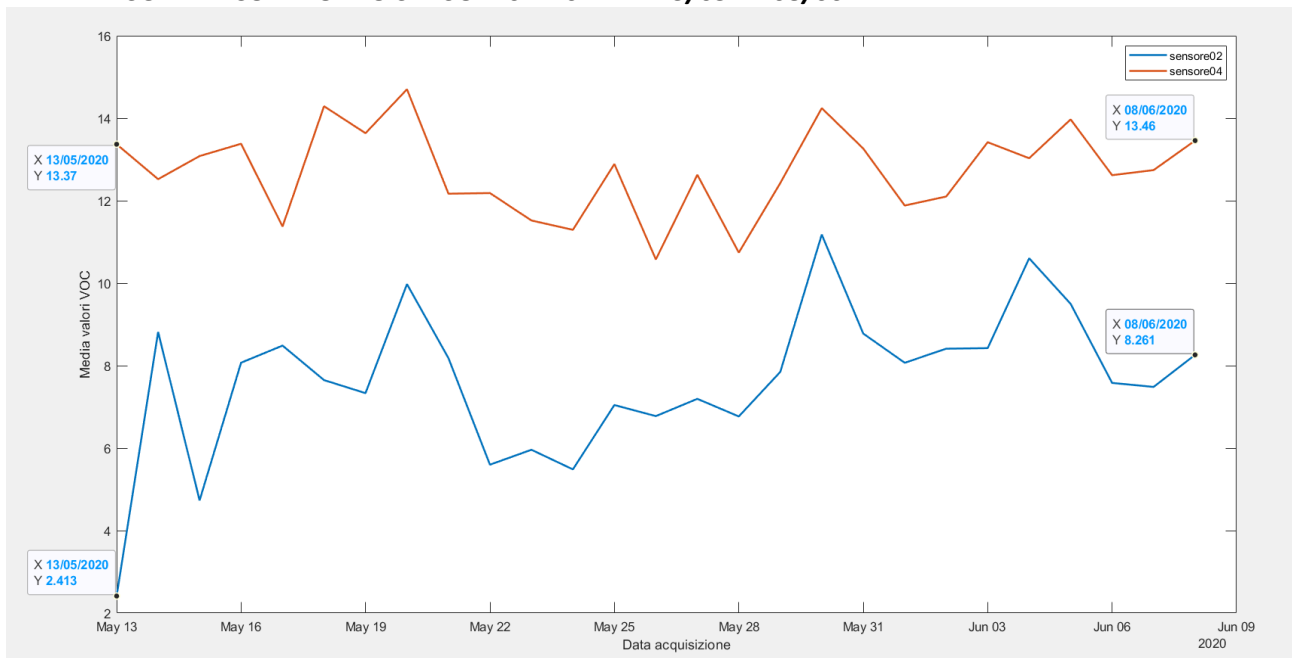
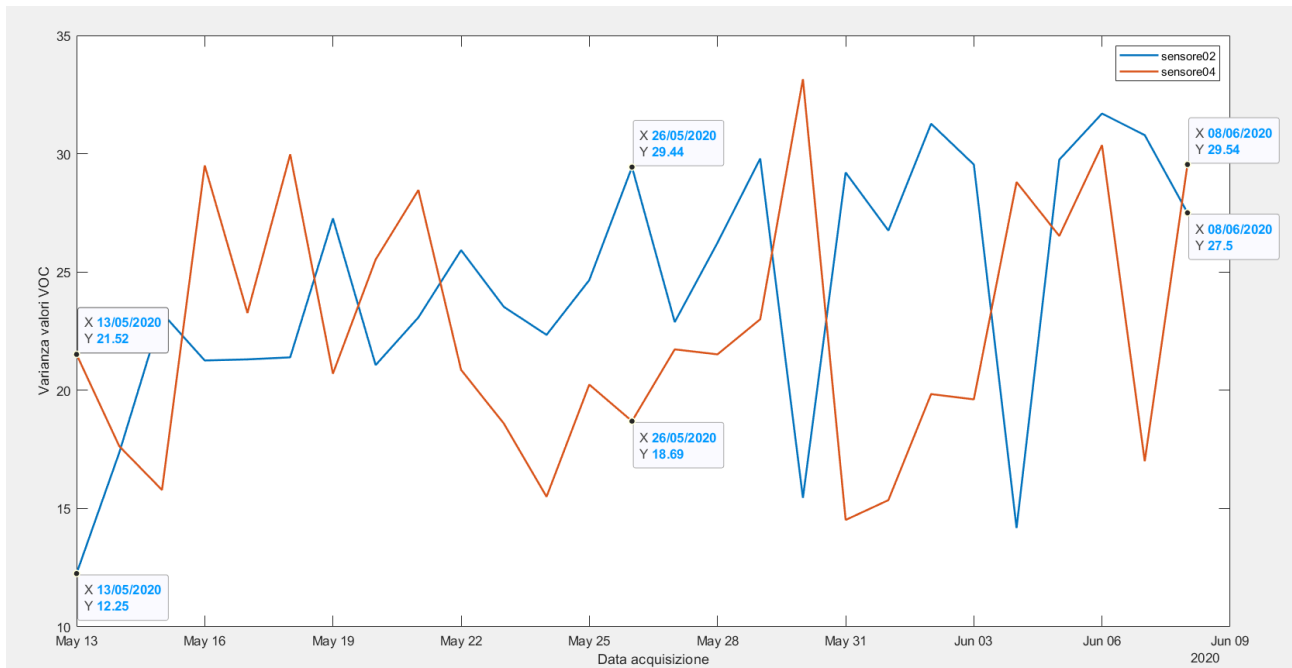


Figura 3.2.13

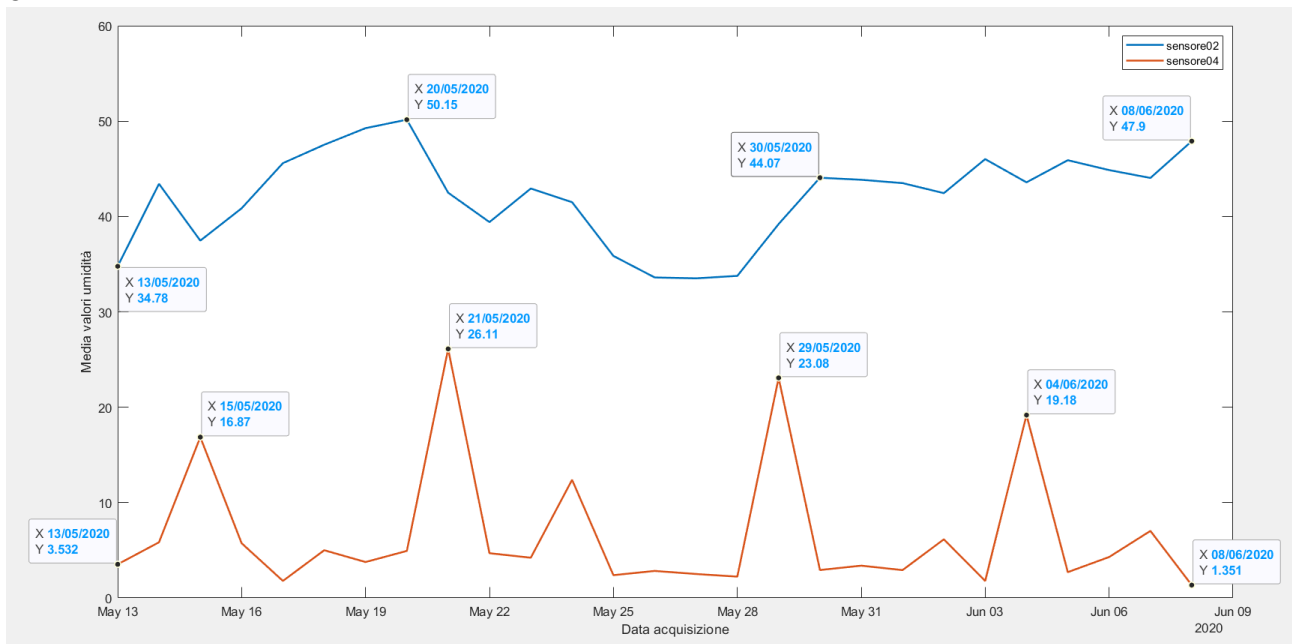
La tendenza generale dei due sensori è molto simile nonostante occupino due fasce di valori diversi: il sensore 02 arriva a superare di poco il valore 10 mentre il sensore 04 acquisisce valori da 11 a 15.



**Figura 3.2.14**

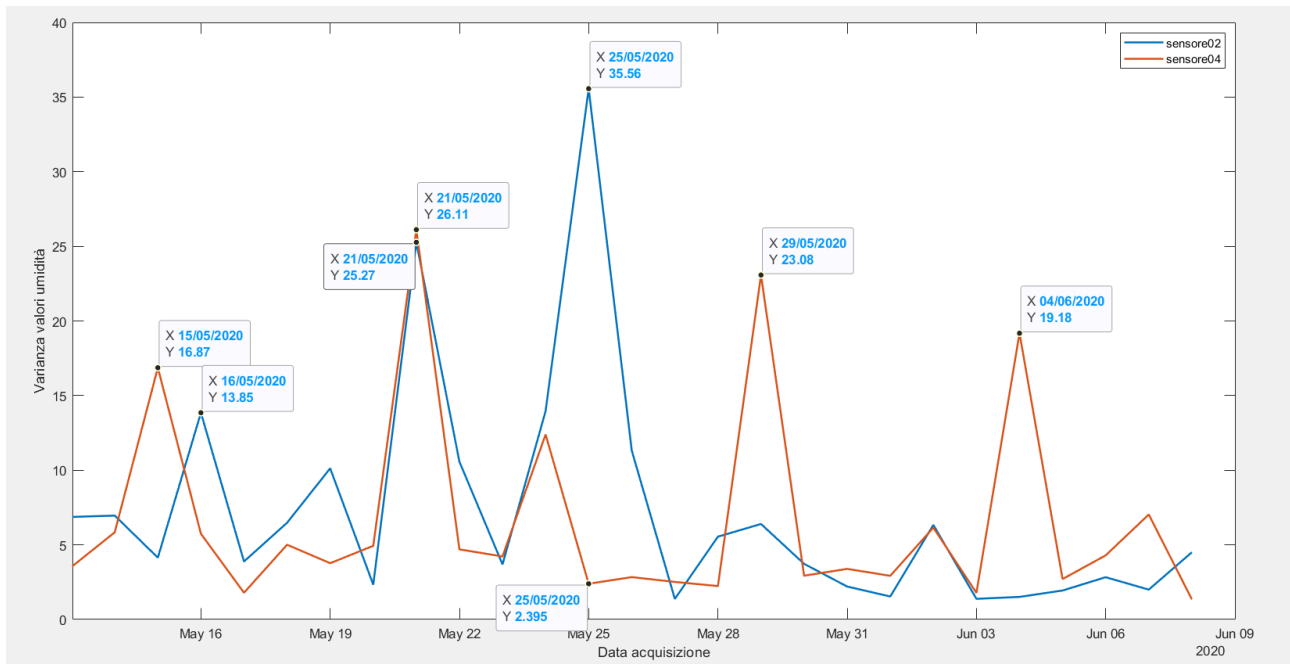
La figura 3.2.14 rappresenta la varianza dei valori di VOC ottenuti.

### UMIDITÀ



**Figura 3.2.15**

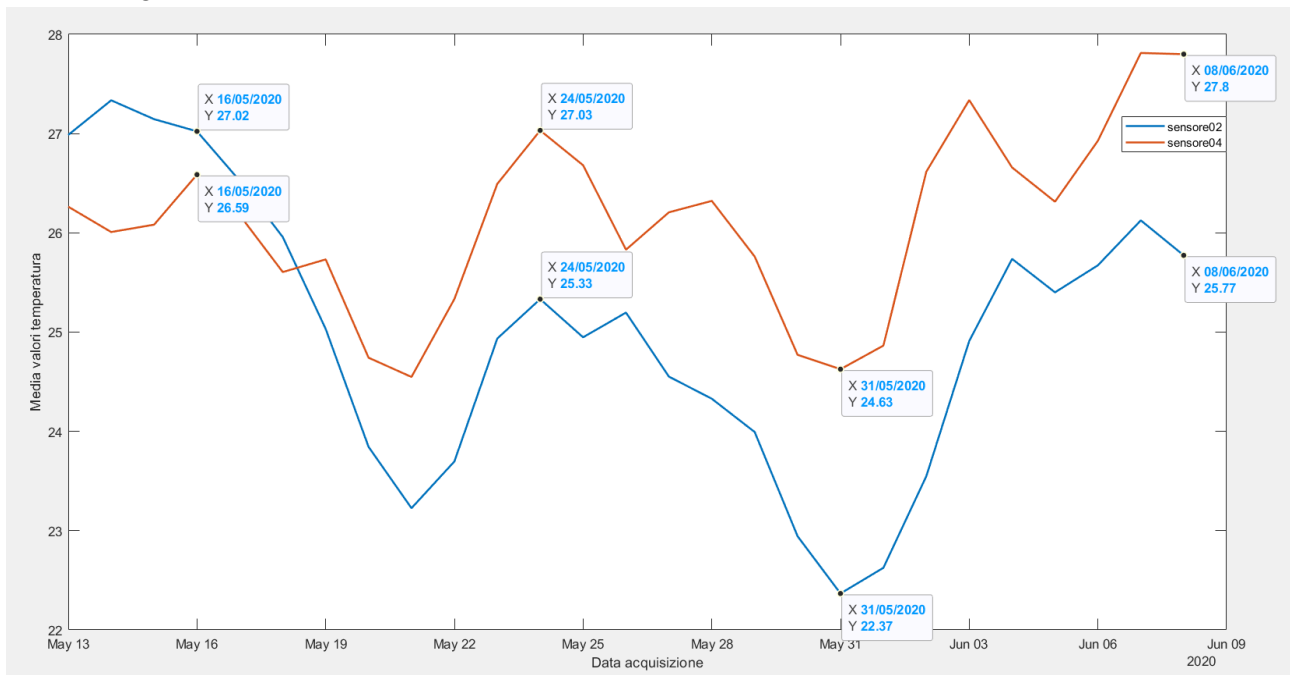
L'andamento del sensore 04 è molto più regolare nel tempo di osservazione rispetto a quello del sensore 02, nonostante i valori ottenuti giornalmente siano molto diversi. Nella figura 3.2.15 sono inoltre presenti i valori dei picchi più evidenti.



**Figura 3.2.16**

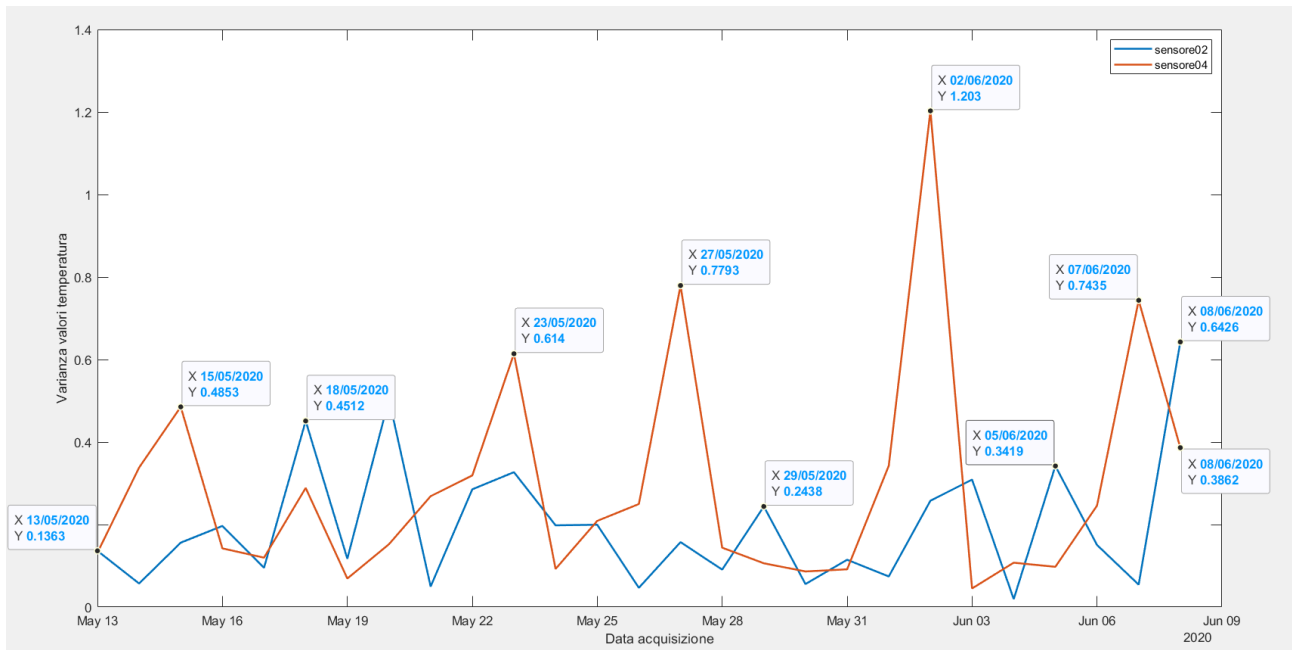
La varianza del sensore 02 (curva blu) ha il suo picco massimo il 25/05/2020 di valore 35.56 mentre il sensore 04 (curva rossa) risulta avere valore molto minore, pari a 2.395.

### TEMPERATURA



**Figura 3.2.17**

Così come per i valori di VOC, anche la media delle temperature dei due sensori hanno andamento simile, con una differenza di circa 2°C tra le misurazioni ottenute.



**Figura 3.2.18**

In figura 3.2.18 sono rappresentati i picchi delle curve che rappresentano le varianze dei valori registrati giornalmente. Il sensore 04 assume picchi di valore maggiore rispetto a quelli del sensore 02.

### 3.3 caratteristica oraria

In questo capitolo il dataset è stato analizzato ponendo l'attenzione sui valori acquisiti in determinate fasce orarie.

Nei capitoli successivi vengono illustrati i grafici risultanti dall'analisi dei dati rilevati dai 3 sensori alle 08:00 del mattino utilizzando le informazioni ricavate nel periodo precedente e successivo l'emergenza sanitaria.

Il codice utilizzato per l'analisi dei dati registrati giornalmente alle 08:00 è il seguente:

```
% analisi oraria dei valori

time=ds(:,2);

% crea una tabella C che contiene solo l'ora di acquisizione (no i minuti)
di=regexp(time, ':', 'split');
C(:,1)= cellfun(@(x)x(:,1),di);
C=str2double(C);
voc=ds(:,5);
umidita=ds(:,6);
temp=ds(:,7);
tot=table(C,voc,umidita,temp);

% crea una tabella R che contiene nella prima colonna l'ora di acquisizione
% le seguenti tre colonne contengono valori di VOC, umidità e temperatura
% rilevate in quella specifica ora.
ind=1:6:height(ds);
for i=1:length(ind)
    R(i,:)=tot(ind(i),:);
end
% crea una tabella O che contiene tutti i valori acquisiti all'ora scelta
% (in questo esempio 8 del mattino)
for p=1:length(ind)
    if R.C(p)==8
        O(p,:)=R(p,:);
    end
end
O(~O.C,:)=[];
```

Attraverso il primo ciclo for si è capace di isolare le righe del file csv che contengono le informazioni di interesse e creare un vettore che li contenga, eliminando quindi le informazioni superflue per questo tipo di analisi.

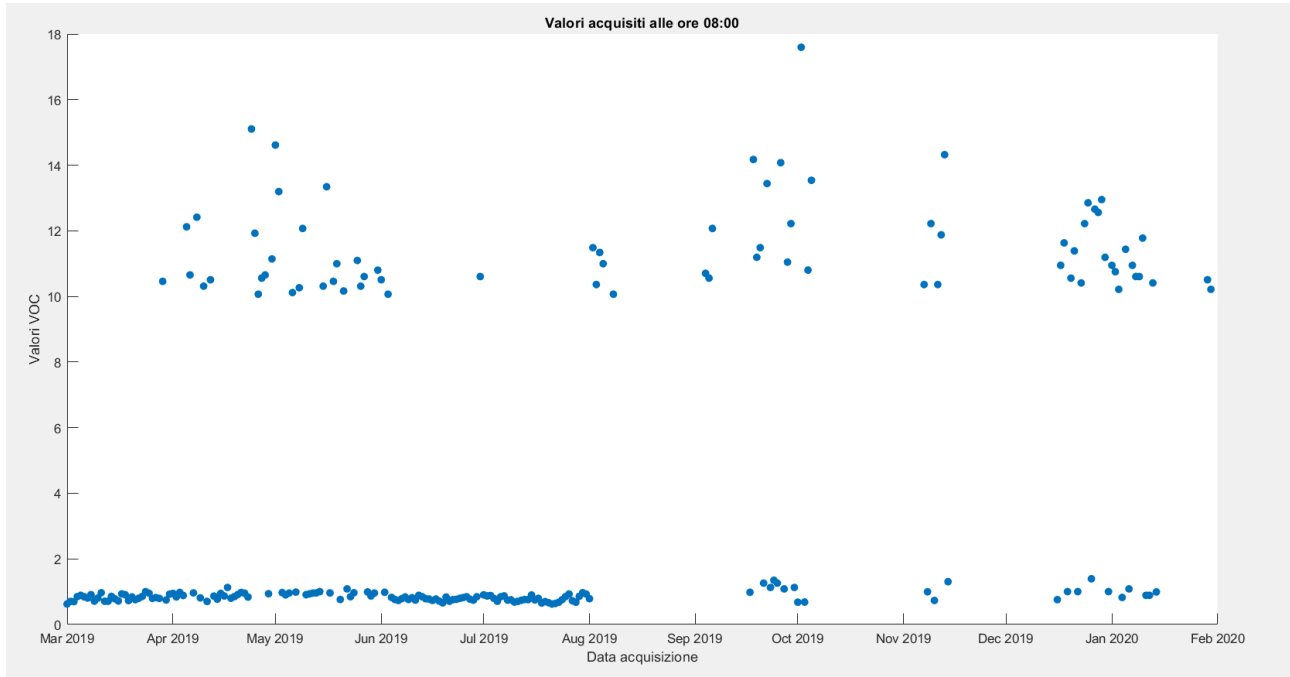
Il secondo ciclo for, invece, cerca nel nuovo file creato (R) tutti i valori che sono stati registrati in una fissata ora e crea il vettore O.

Ora è possibile lavorare con il vettore O per calcolare media e varianza poiché contiene tutte e sole le informazioni necessarie.

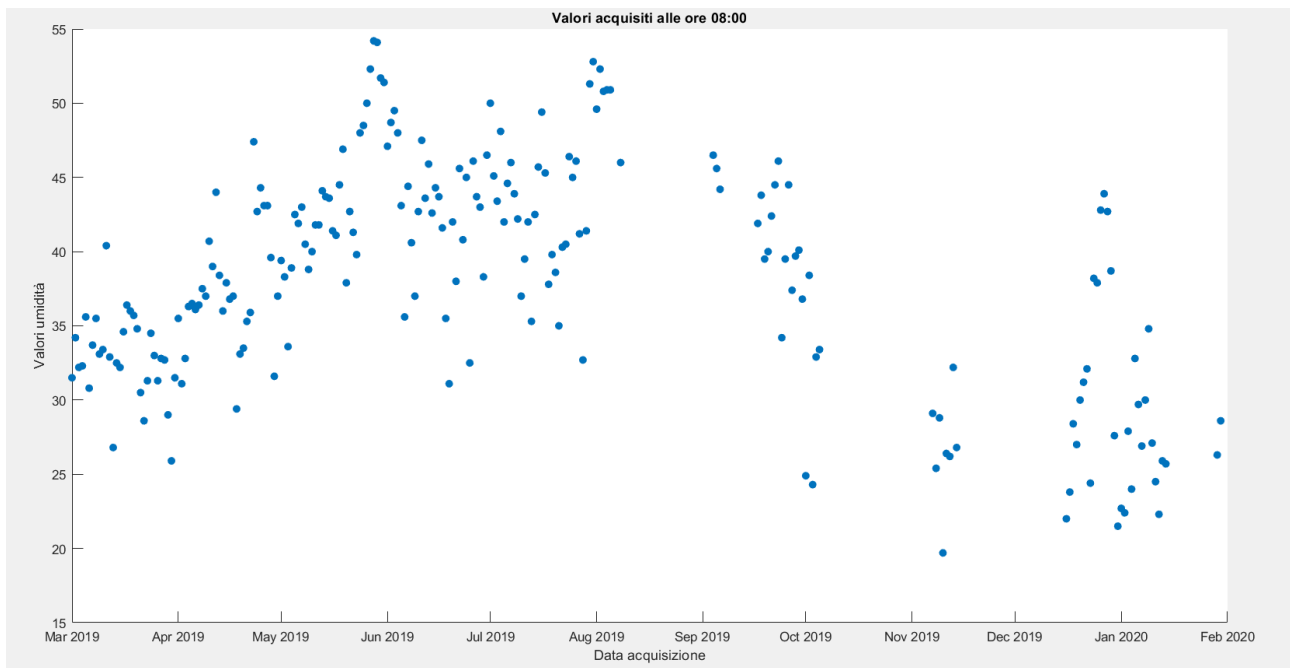
### 3.3.1 Confronto sensori – dati “prima COVID-19”

SENSORE

02

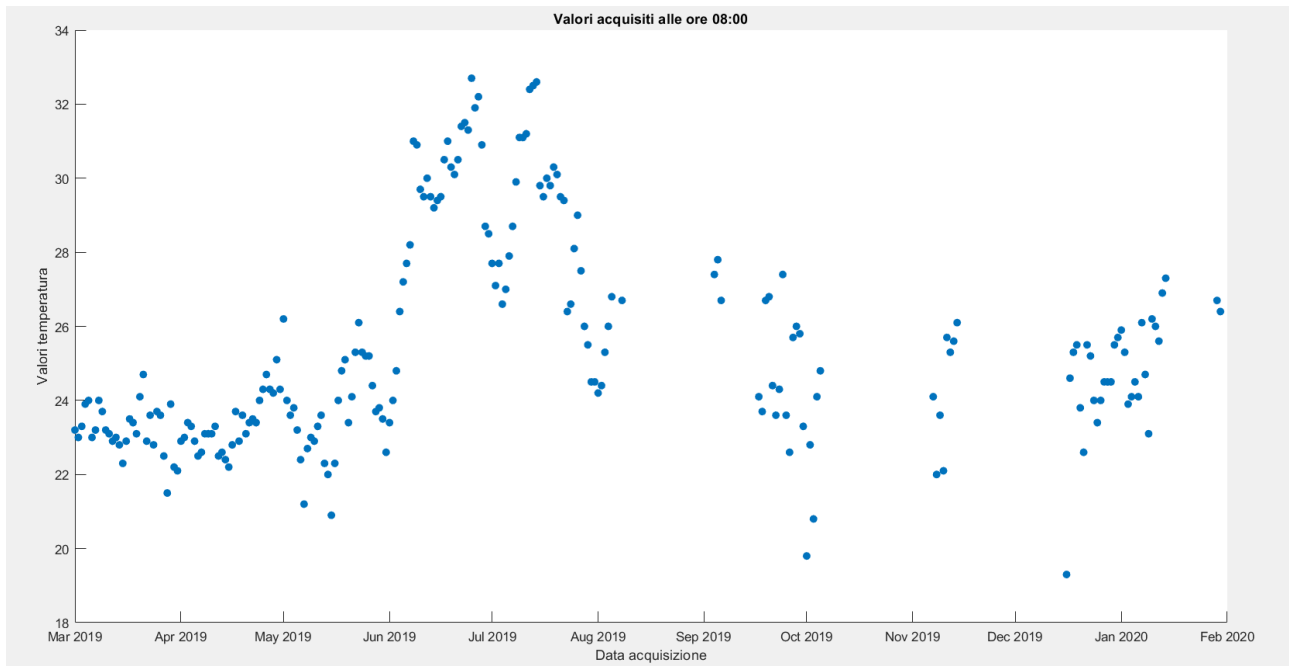


Dalla figura 7.1.1 è possibile notare come i livelli di VOC nell'aria abbiano valori prevalentemente compresi tra 0 e 2. Alcune giornate registrano valori compresi tra 10 e 16 con un massimo di 17.59 il 02/10/2019.



I valori di umidità acquisiti alle 8 del mattino da marzo 2019 a febbraio 2020 rilevano una fascia di valori compresi tra 25 e 55 nella prima parte del periodo preso in considerazione (dal 03/19 al 08/19).

Dal 09/19 la tendenza generale dei valori scende, occupando una finestra compresa tra 20 e 45 circa.

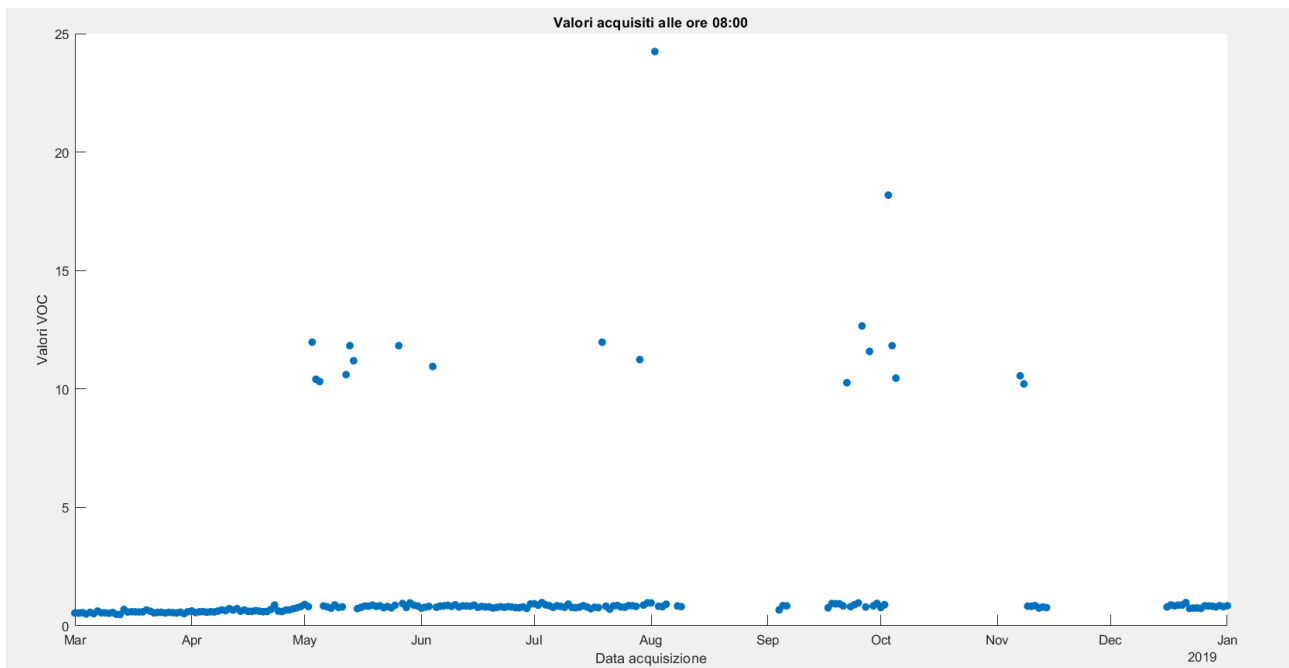


Per quanto riguarda la temperatura la principale fascia occupata è quella compresa tra 22°C e 28°C. Durante l'estate, ovvero durante il periodo compreso tra giugno 2019 e fine agosto 2019, la temperatura alle 08:00 arriva a superare i 32°C, precisamente nelle seguenti giornate: 25 e 27 giugno e dal 12 al 14 luglio.

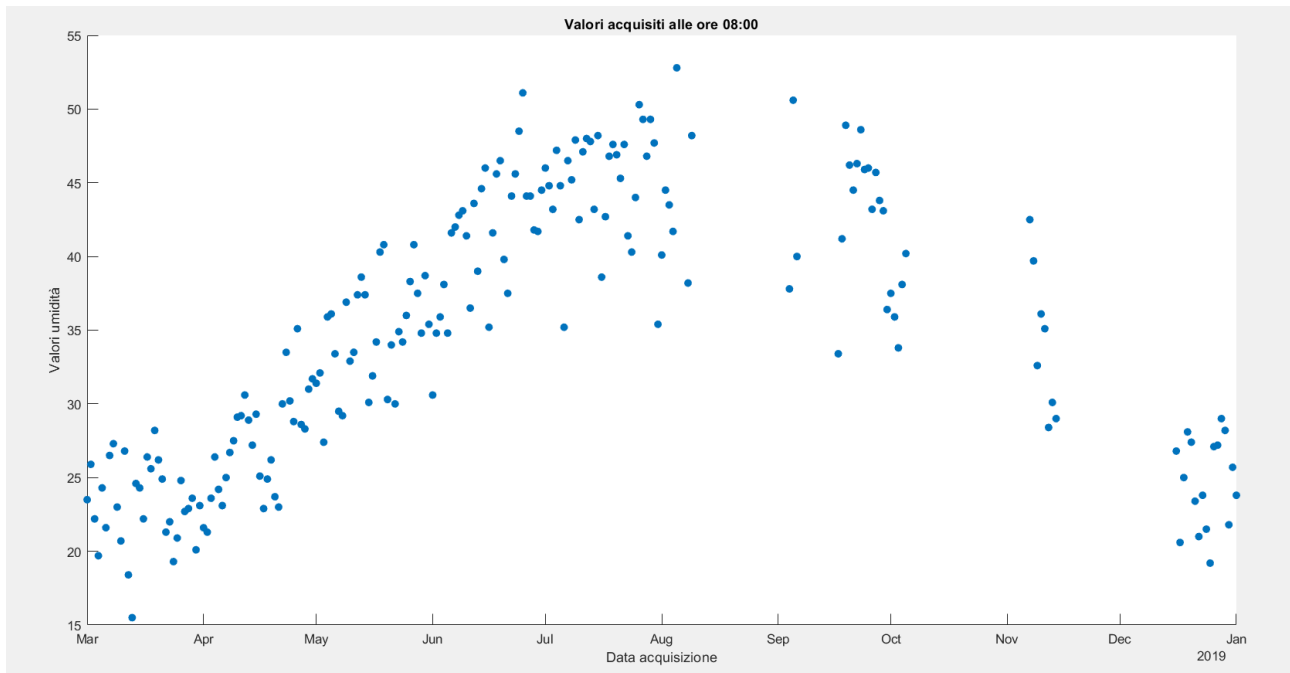
Il valore di temperatura minore di tutti i valori acquisiti è stato rilevato il 16/12 ed è di 19.2°C.

## SENSORE

03

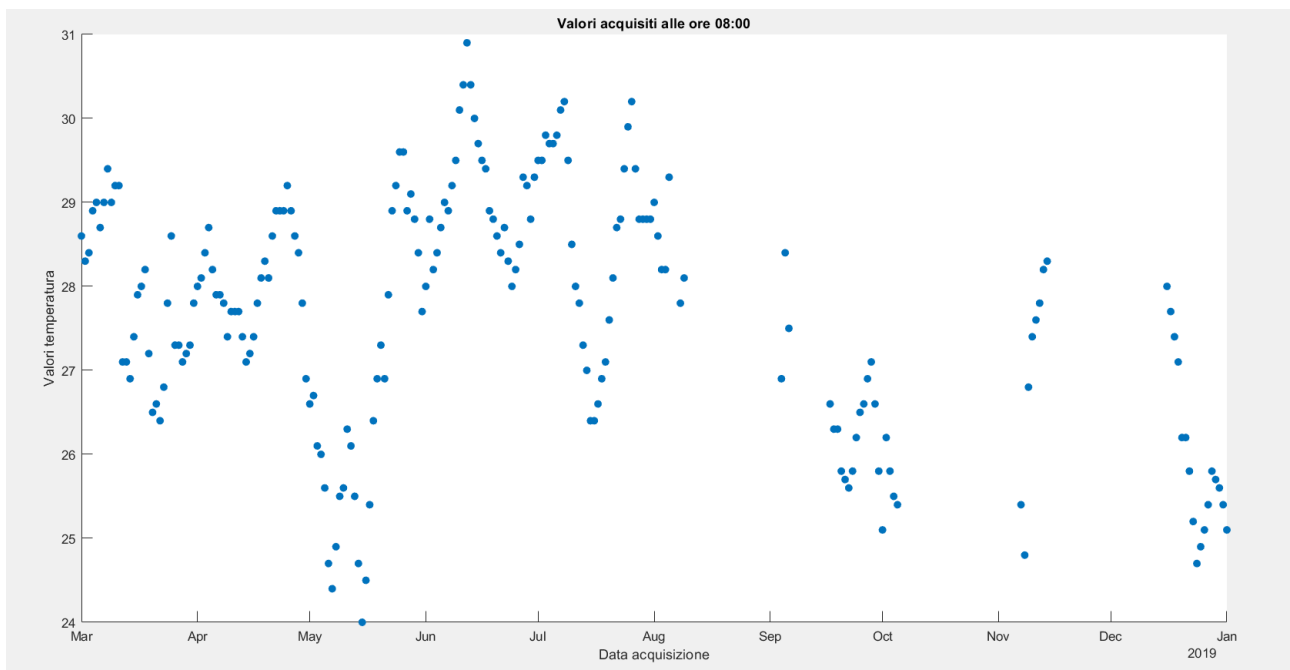


Dai rilevamenti del sensore 2 si evince una netta prevalenza di valori compresi tra 0 e 1. Sporadicamente sono stati registrati valori compresi tra 10 e 15 con un picco di 24.24 il 02/08/2019.



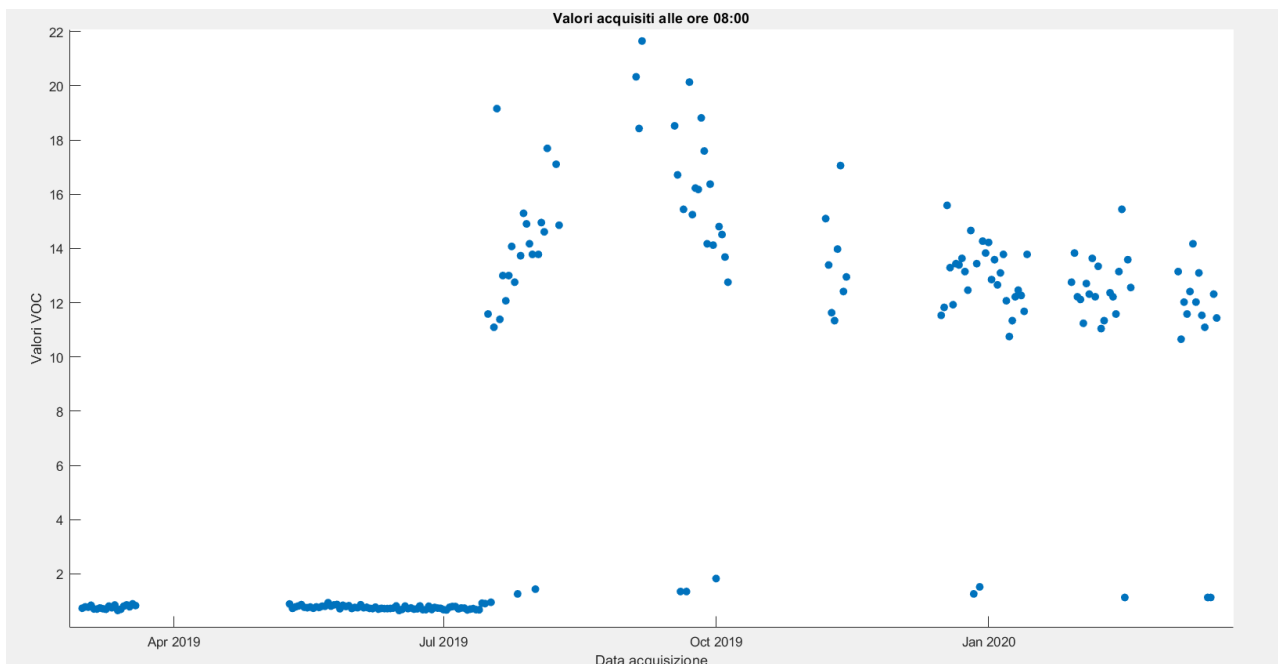
La tendenza evidenziata nella figura 7.2.2 è di crescita da marzo 2019 a fine agosto 2019; infatti, il range di valori risulta compresa tra 15 e 54.

Nella seconda parte del grafico l'andamento è decrescente, con valori di umidità che tornano ad essere all'incirca 20 a gennaio 2020.

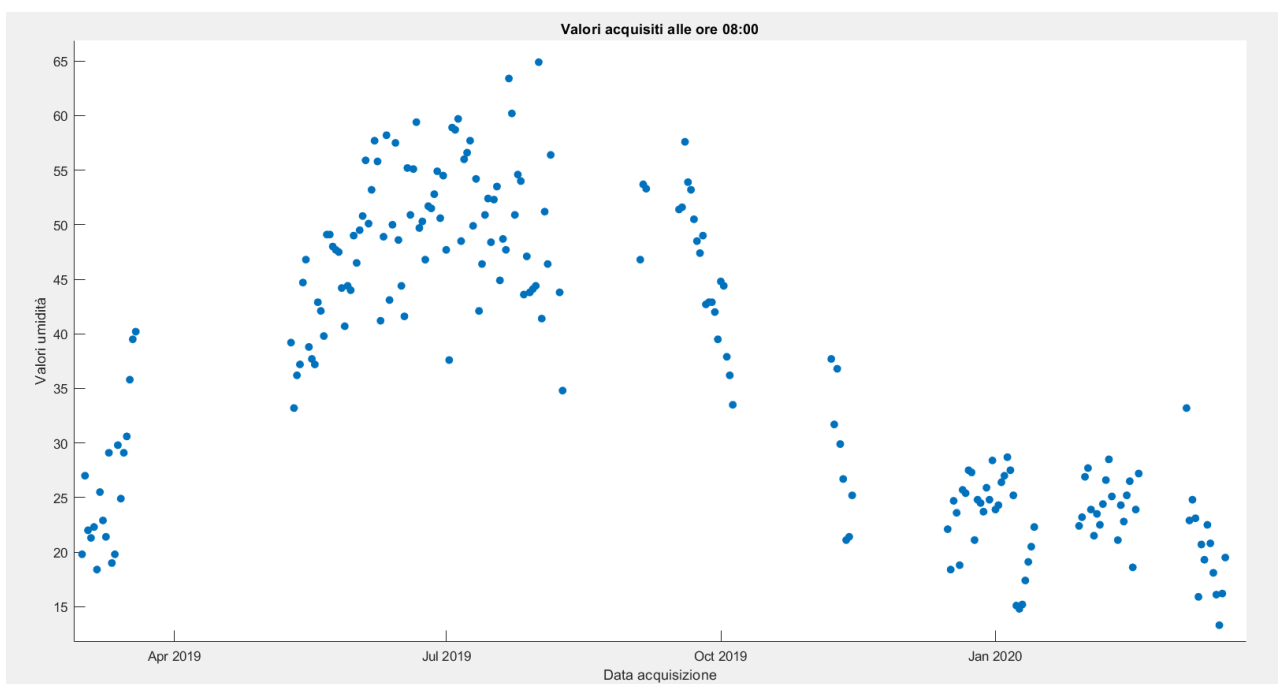


Come è possibile notare dalla figura 7.2.3, l'andamento dei valori di temperatura rilevati dal sensore 2 non è lineare. Difatti, si passa da una temperatura di 24°C il 15/05/2019 ad una temperatura di 30.9 il 12/06/2019, registrando temperature di 26,27,28 (°C).

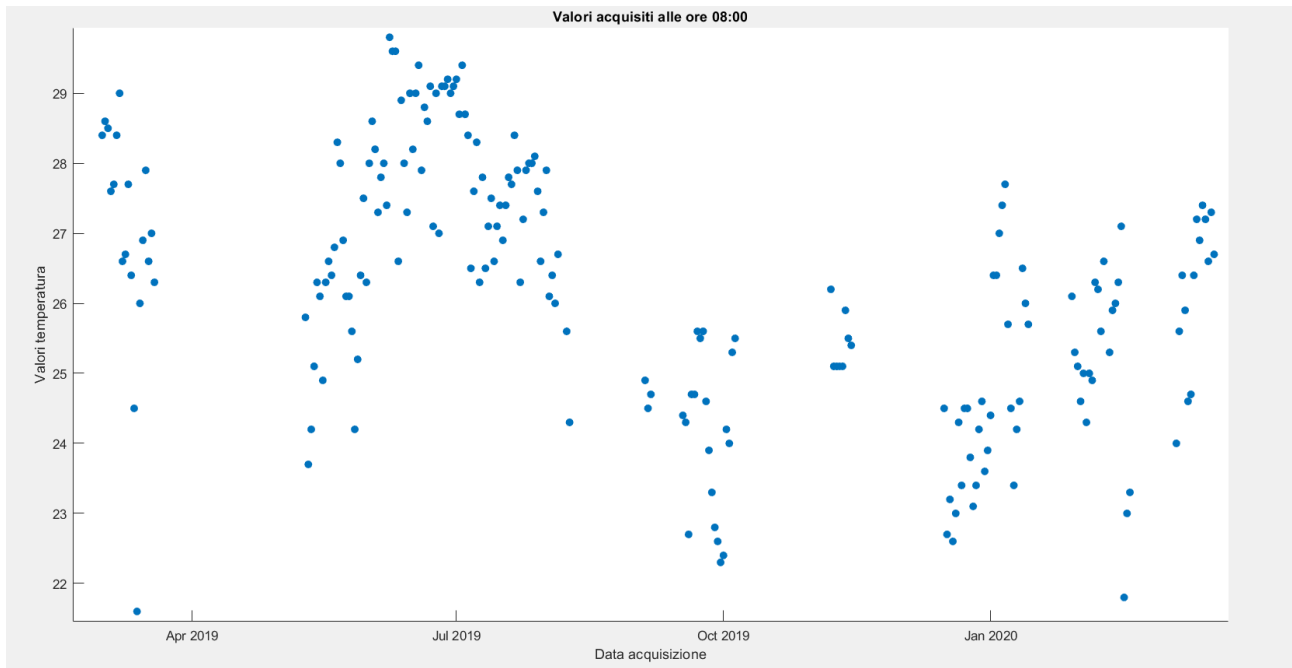




Contrariamente al sensore 2, dai dati analizzati dal sensore 3 è evidente come nella prima metà dell'anno 2019 i valori di VOC si siano mantenuti stabili e compresi tra 0 e 2. Da agosto 2019 in poi la finestra di valori ottenuti è compresa tra 11 e 22.



La finestra con valori di umidità più elevati è compresa tra marzo ed ottobre 2019. In essa l'umidità assume valori a partire da 35 a 65. Nella prima parte del grafico e nell'ultima i range di valori registrati sono inferiori e compresi tra 15 e 35.

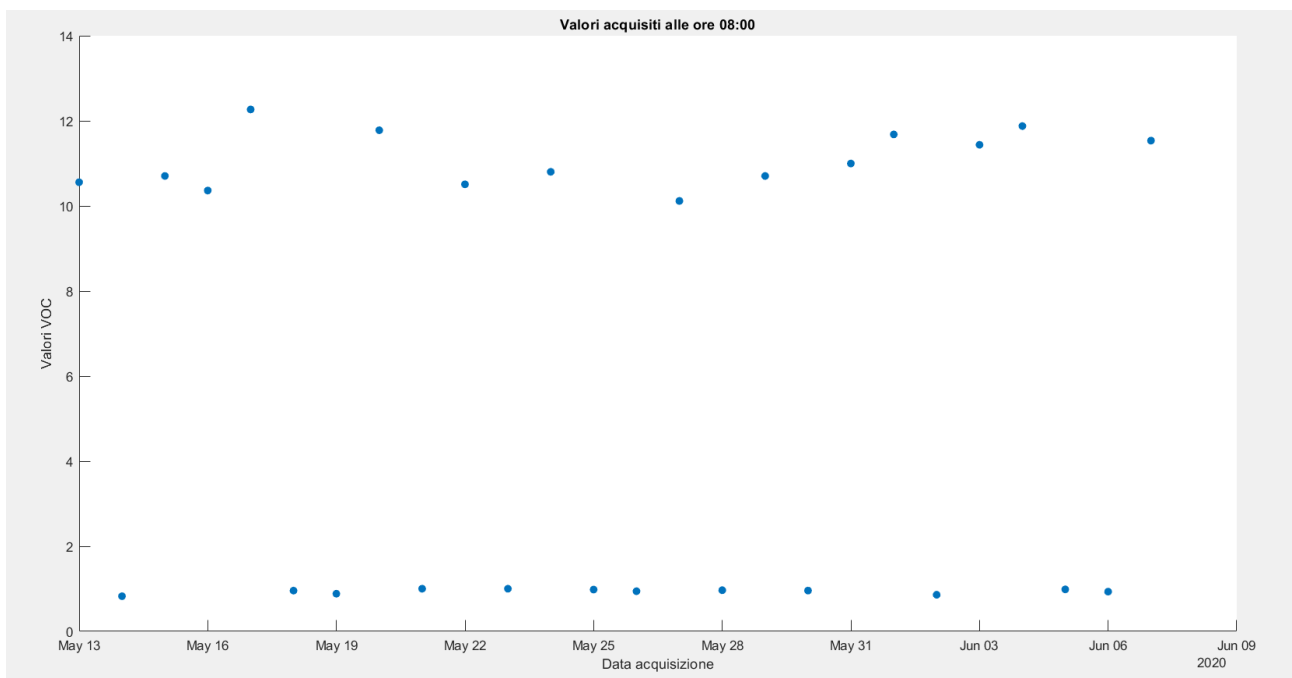


In generale, i valori della temperatura alle 08:00 sono compresi tra 21 e 30°C. Il picco è raggiunto il 08/06/2019 ed ha valore 29.8. I due valori più bassi registrati dal sensore sono 21.6 e 21.8 rilevati rispettivamente il 13/03/2019 e il 16/02/2020.

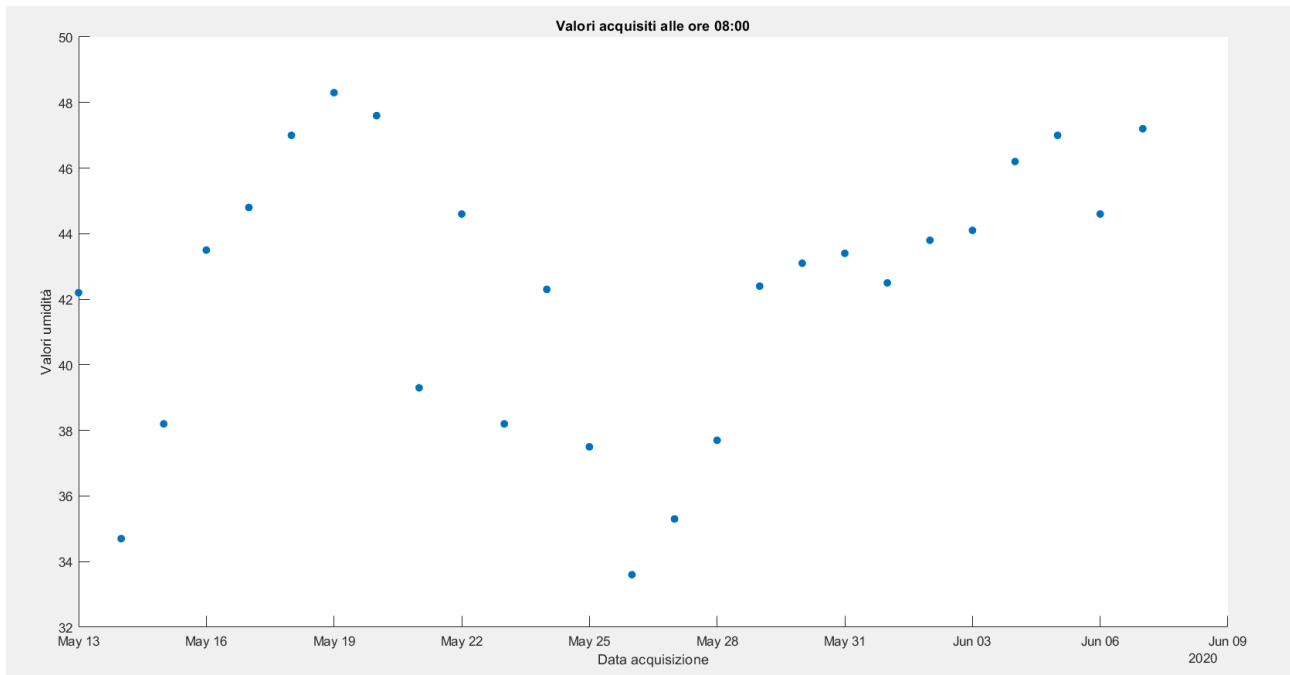
### 3.3.2 Confronto sensori – dati “dopo COVID-19”

SENSORE

02

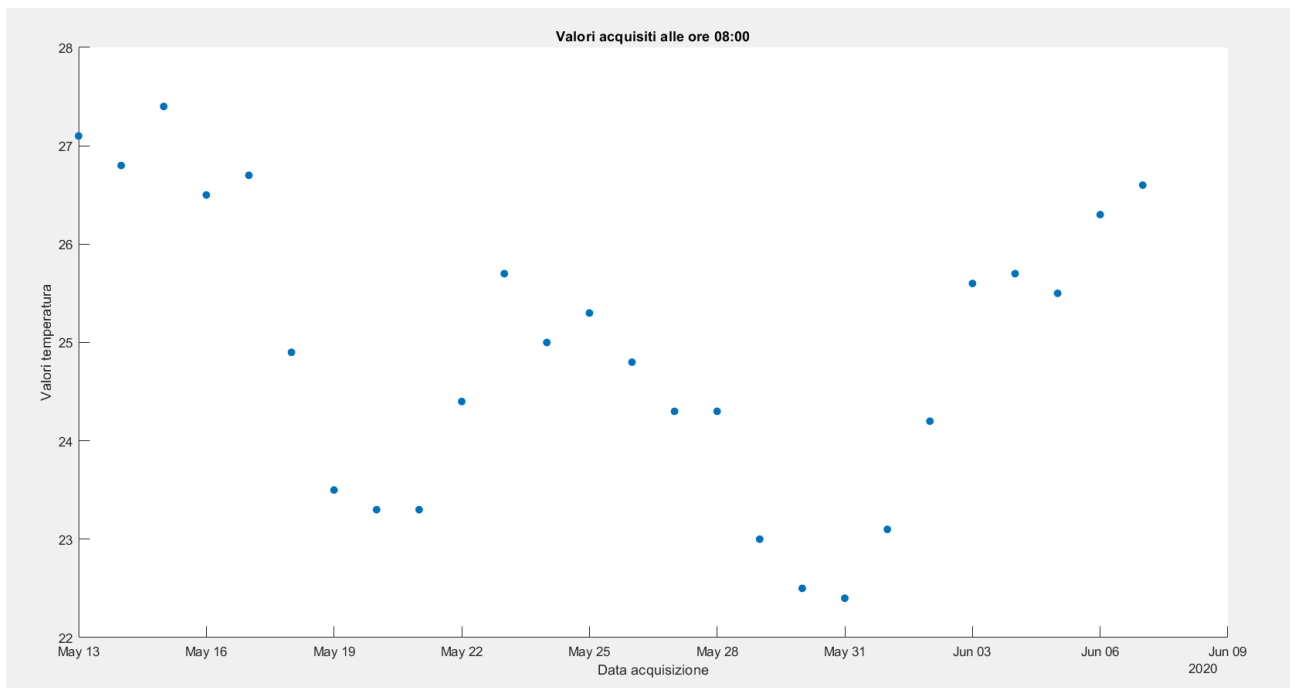


Nella figura 8.1.1 è possibile notare come le fasce di valori interessate e rilevate dal sensore 1 nel periodo post emergenza sanitaria sono quella compresa tra 0 e 2 e quella compresa tra 10 e 12.



I valori di umidità, analizzando la figura 8.1.2, risultano essere maggiori nella prima metà del mese di maggio fino ad arrivare a superare il valore 48 e nella prima metà del mese di aprile, il cui il valore massimo raggiunto è di 47.

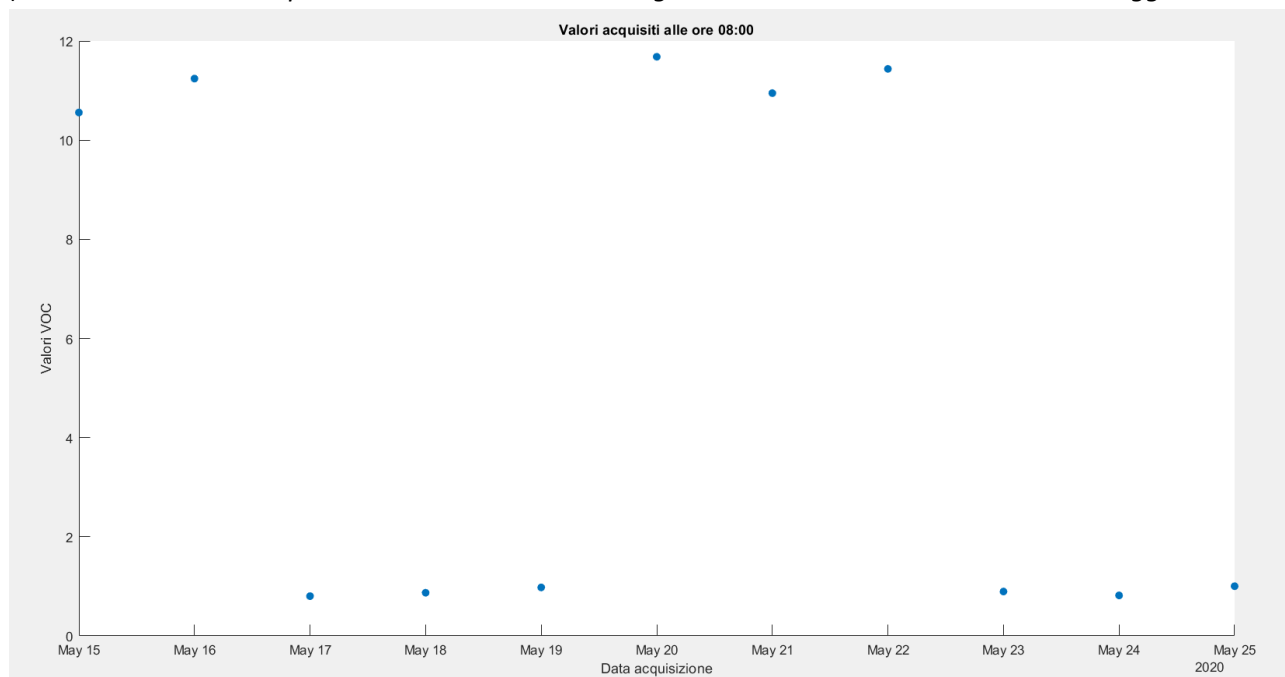
Nella seconda metà del mese di maggio 2019 i valori sono compresi tra 33 e 45, con 33 valore minimo registrato.



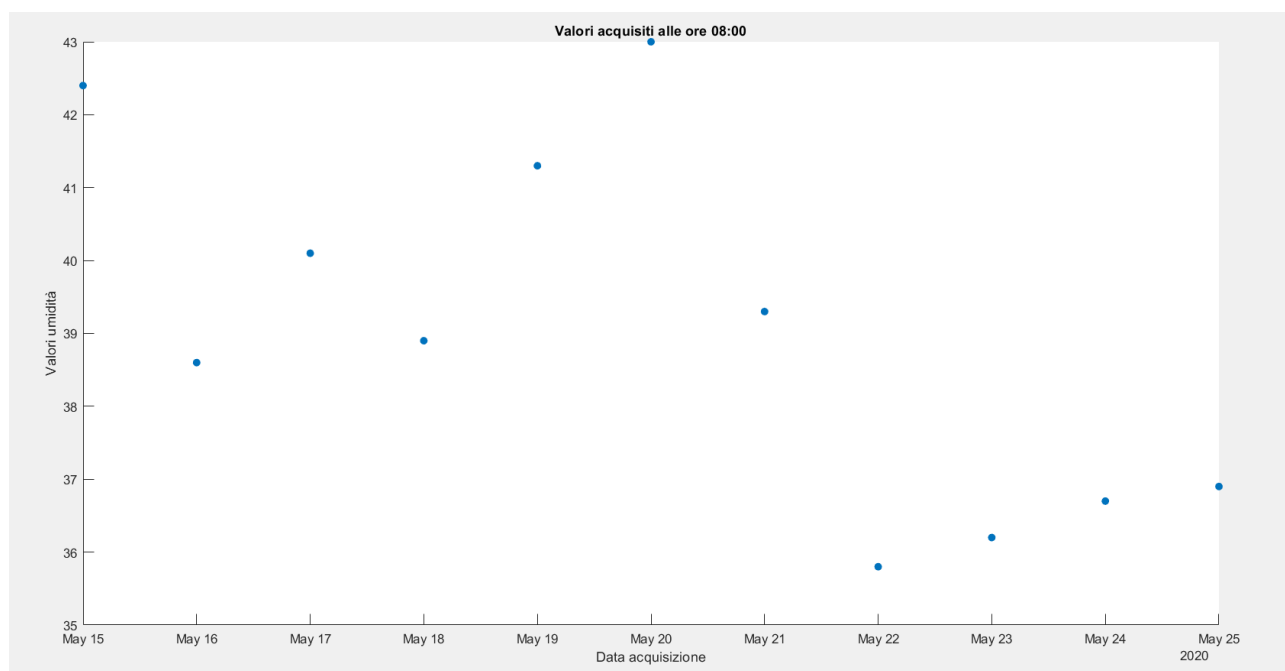
L'andamento dei valori di temperatura in figura è altalenante. Si parte da un valore che supera di poco i 27°C e dopo un leggero aumento si nota un decremento rapido fino al valore 23.3 del 20 maggio 2020. Successivamente la curva sale ancora, per poi scendere ed assumere il valore più piccolo di tutte le rilevazioni: 22.4°C. Segue un ulteriore incremento che porta la temperatura ad assumere valore 27.5 il 07/07/2020.

SENSORE 03

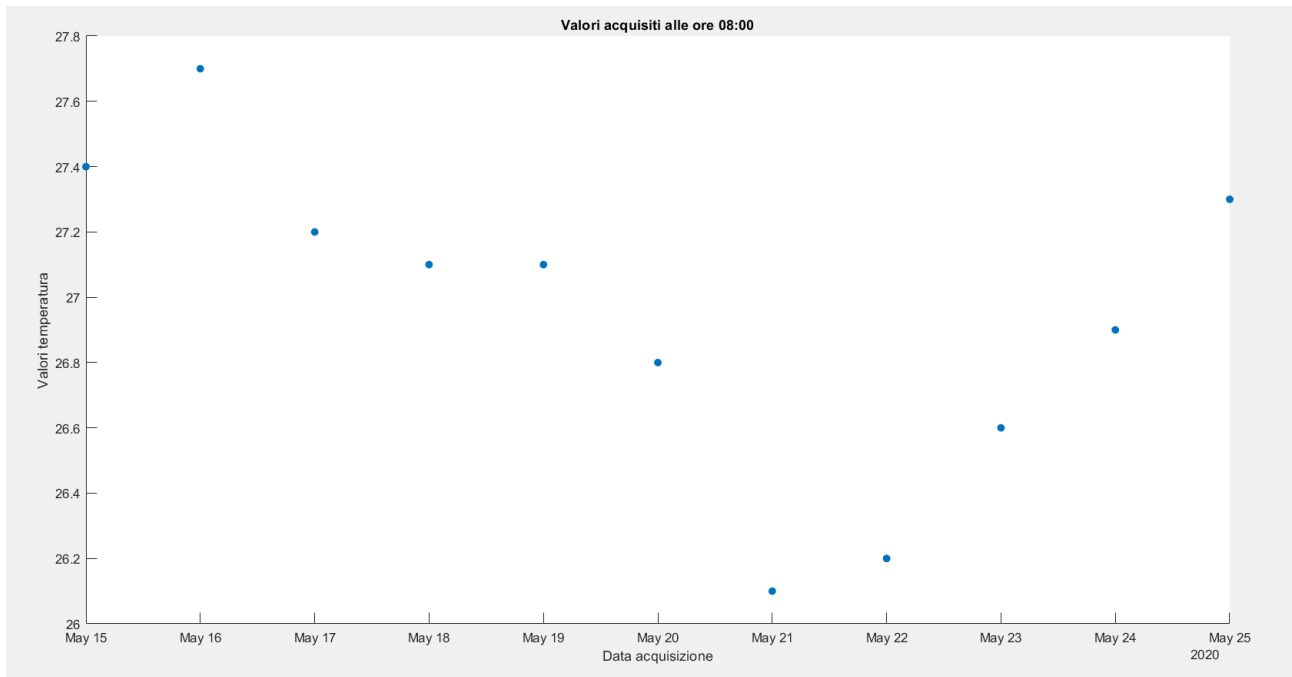
(NOTE: I dati acquisiti dal sensore 2 riguardano solo il mese di maggio 2020.)



I valori di VOC appartengono per la maggioranza all'intervallo 0-2; su 11 rilevazioni, 6 hanno come valore circa 1. Le altre 5 rilevazioni sono comprese nella fascia di valori tra 10 e 12.



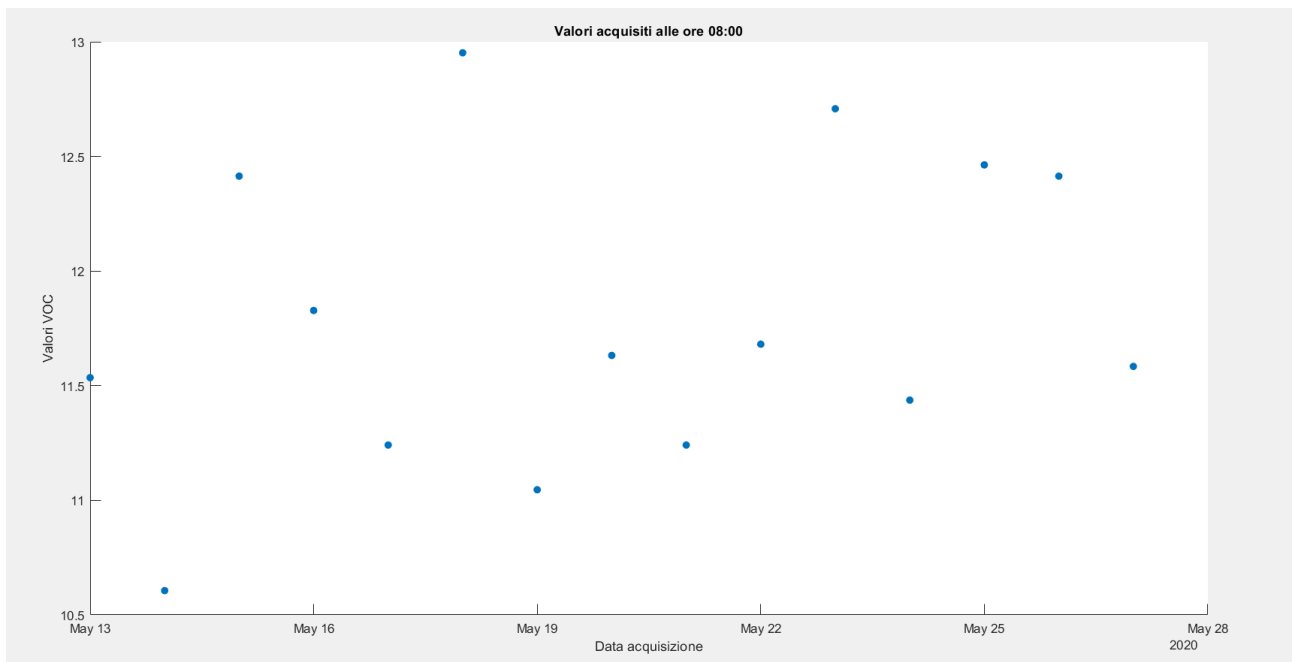
Dalla figura 8.2.2 si evince come fino al 21 maggio 2020 i valori di umidità siano compresi tra 38 e 42.5. Il 22 maggio 2020 si è registrata una netta diminuzione seguita poi da un leggero aumento di valori.



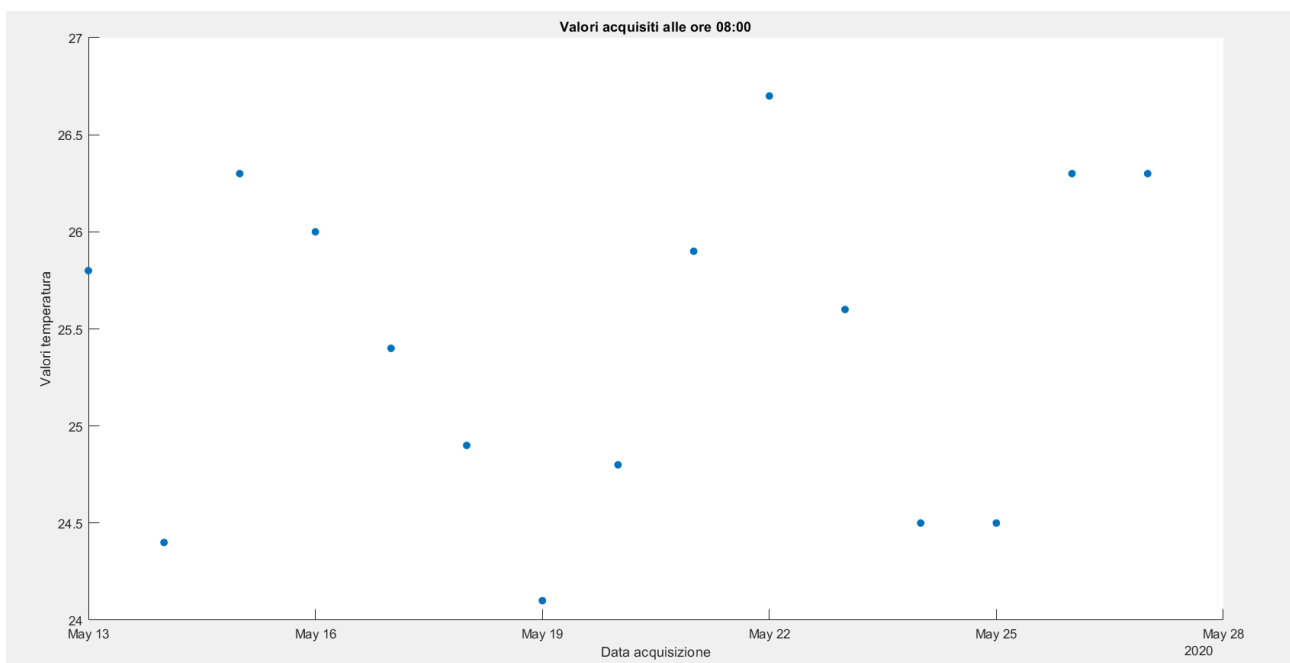
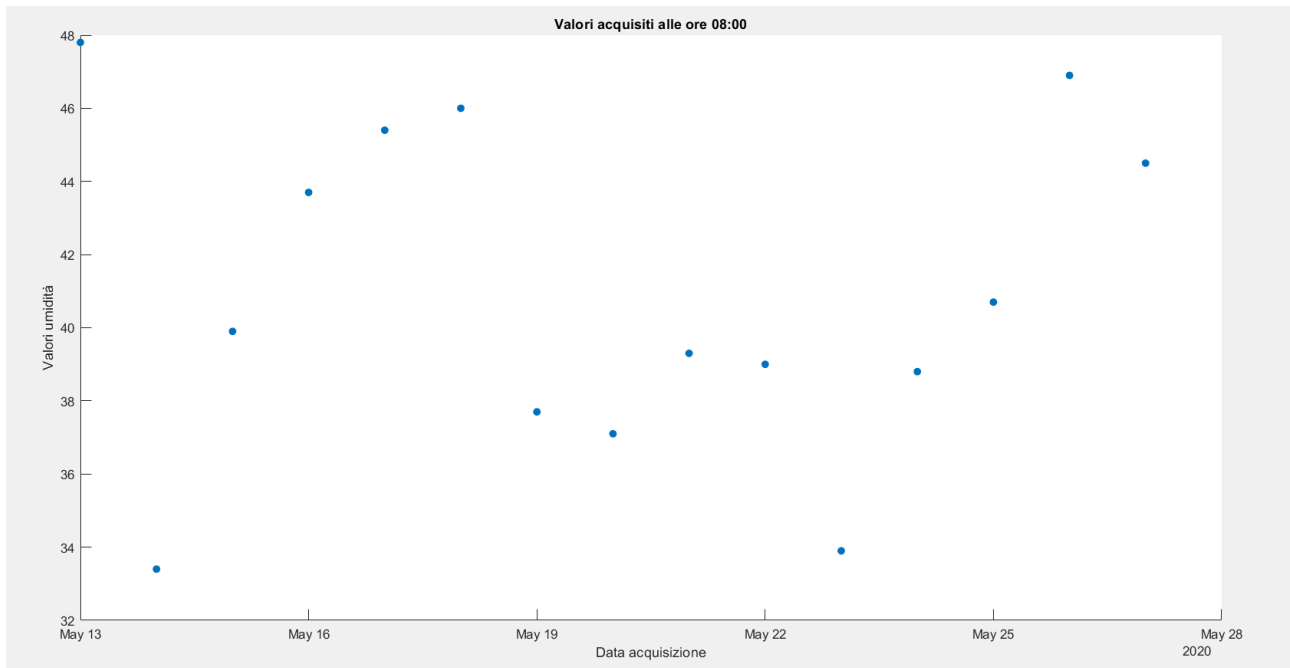
Le temperature del mese di maggio hanno assunto valori tra 26°C e 27.8°C. Pertanto, la figura 8.2.3 descrive le leggere variazioni ottenute in questo mese.

## SENSORE

04



I valori di VOC rilevati dal sensore 3 variano di 2.5 ppb.



I valori di temperatura rilevati dal sensore 3 sono leggermente inferiori rispetto a quelli rilevati dal sensore 2 e più o meno comparabili a quelli registrati dal sensore 1. Infatti, la minima temperatura registrata supera di poco 24°C e quella massima è leggermente inferiore di 27°C.

### 3.4 Grafico a dispersione

Di seguito sono illustrati i risultati ottenuti considerando i valori registrati dai sensori alle 08:00 del mattino di ogni giorno per tutta la durata della rilevazione, con il corrispondente valore di varianza.

L'obiettivo principale è quindi quello di evidenziare di quanto i valori rilevati dai sensori al mattino siano concentrati o dispersi rispetto ai valori tipici; per fare questo, ogni grafico presenta un valore e un range dato proprio dalla varianza di quel giorno.

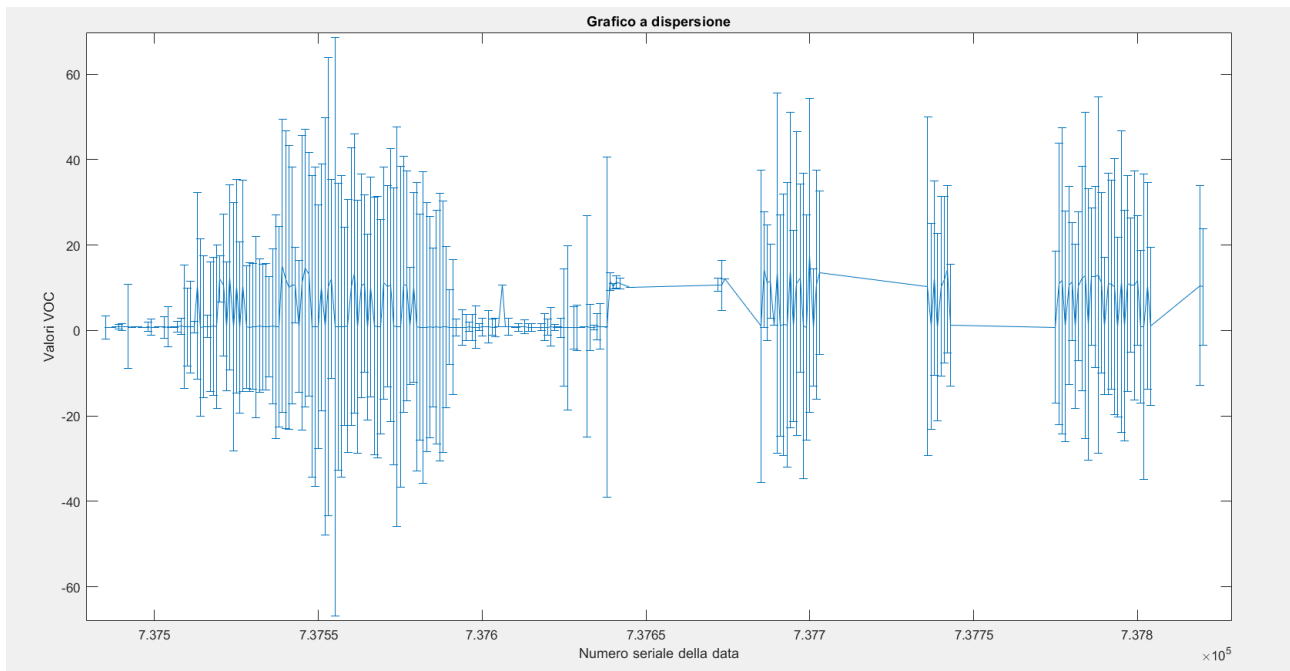
Per motivi legati alla funzione *errorbar* di Matlab nell'asse x sono rappresentati i numeri seriali di dati che corrispondono ai giorni passati da una data precisa e standard (gennaio 0, 0000 del calendario gregoriano prolettico). [4]

Nell'asse y invece è possibile trovare i valori di VOC, umidità e temperatura.

### 3.4.1 Dati “prima COVID-19”

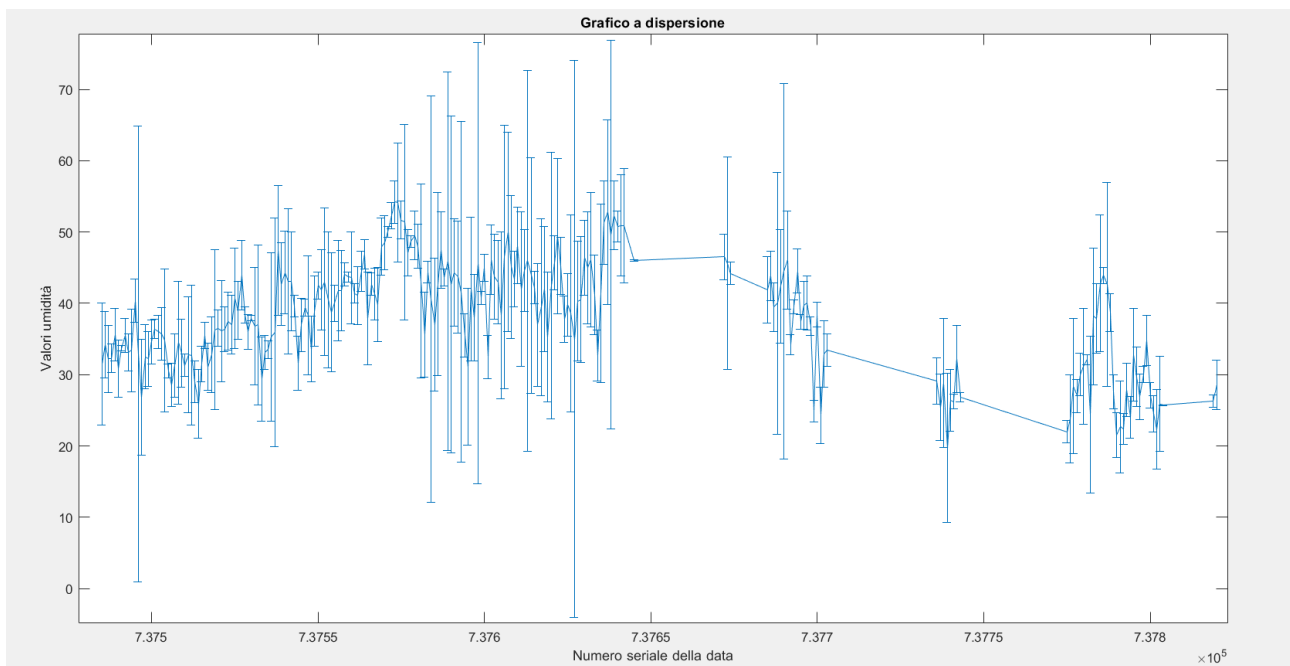
SENSORE

02



**Figura 3.4.1: grafico a dispersione VOC**

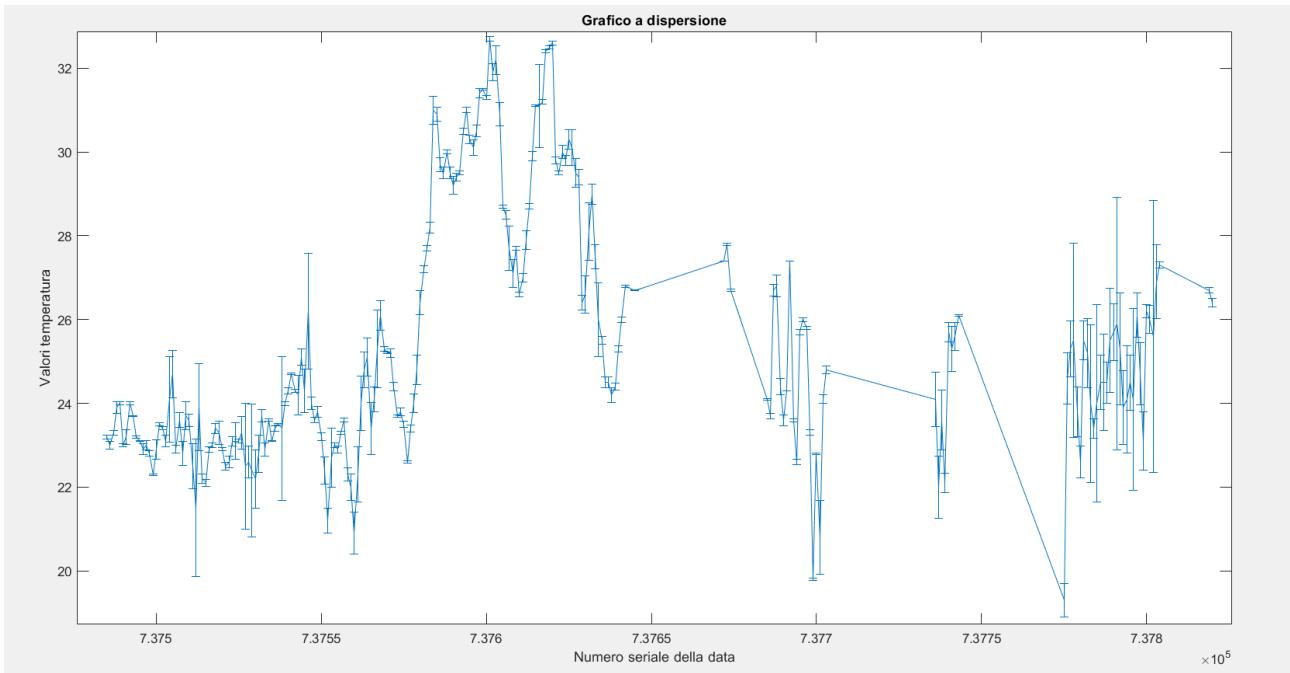
Dalla figura 3.4.1 è possibile notare che mediamente i valori registrati di VOC variano rispetto alla media di circa 40. Tra maggio e giugno 2019 si registra il range più ampio di 67.77 mentre a fine marzo 2019 si registra il l'intervallo più piccolo di 0.005083.



**Figura 3.4.2: grafico a dispersione umidità**

L'intervallo corrispondente alle misurazioni di umidità ottenute dai sensori è contenuto ed ha un valore approssimabile a 10. Anche in questo caso il grafico mostra la presenza di intervalli più ampi che in ordine di

tempo prendono i valori:  $\approx 32$  (31.93) in corrispondenza del numero seriale 737500, 28.51 in corrispondenza di 737600 seguito dal range più alto di circa 39 (39.09).

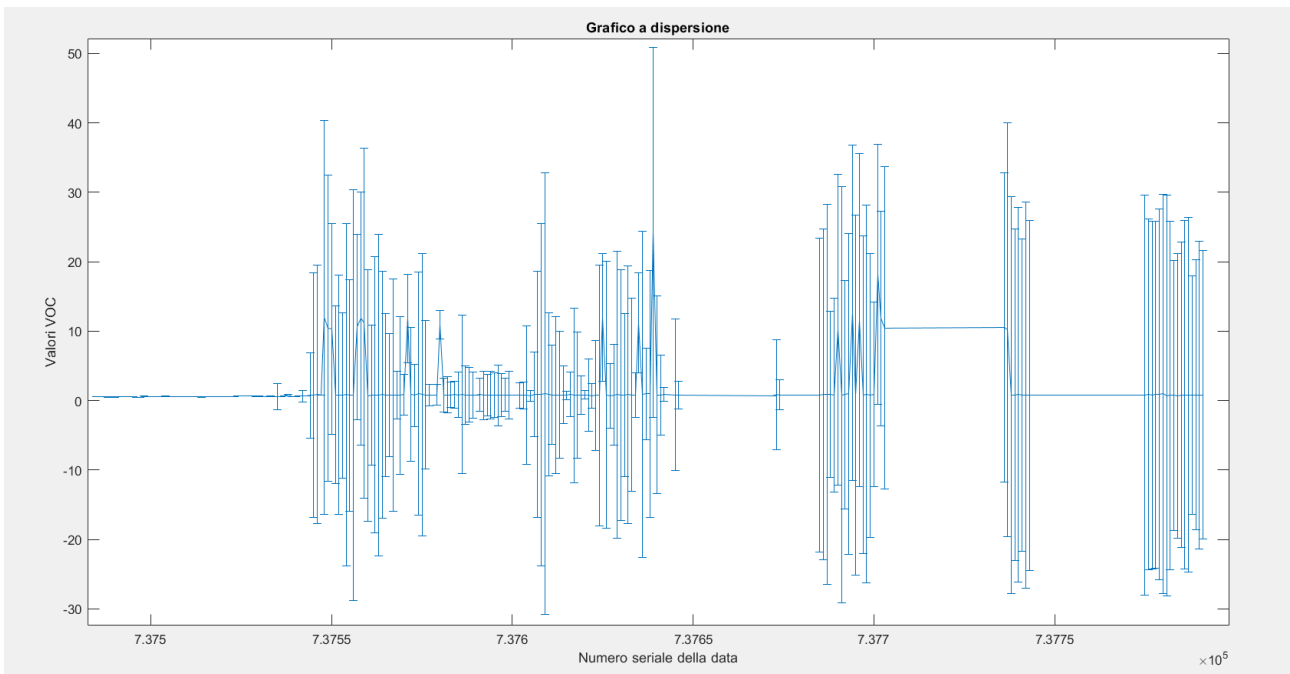


**Figura 3.4.3: grafico a dispersione temperatura**

Gli intervalli mostrati dalla figura 3.4.3 e corrispondenti ai valori di temperatura risultano essere molto piccoli, dell'ordine del 0.01 °C. Tuttavia, sono presenti intervalli più ampi di valore 1.6 °C. In generale, è possibile affermare che la temperatura rilevata al mattino rimani quasi invariata per tutto il periodo dell'osservazione.

## SENSORE

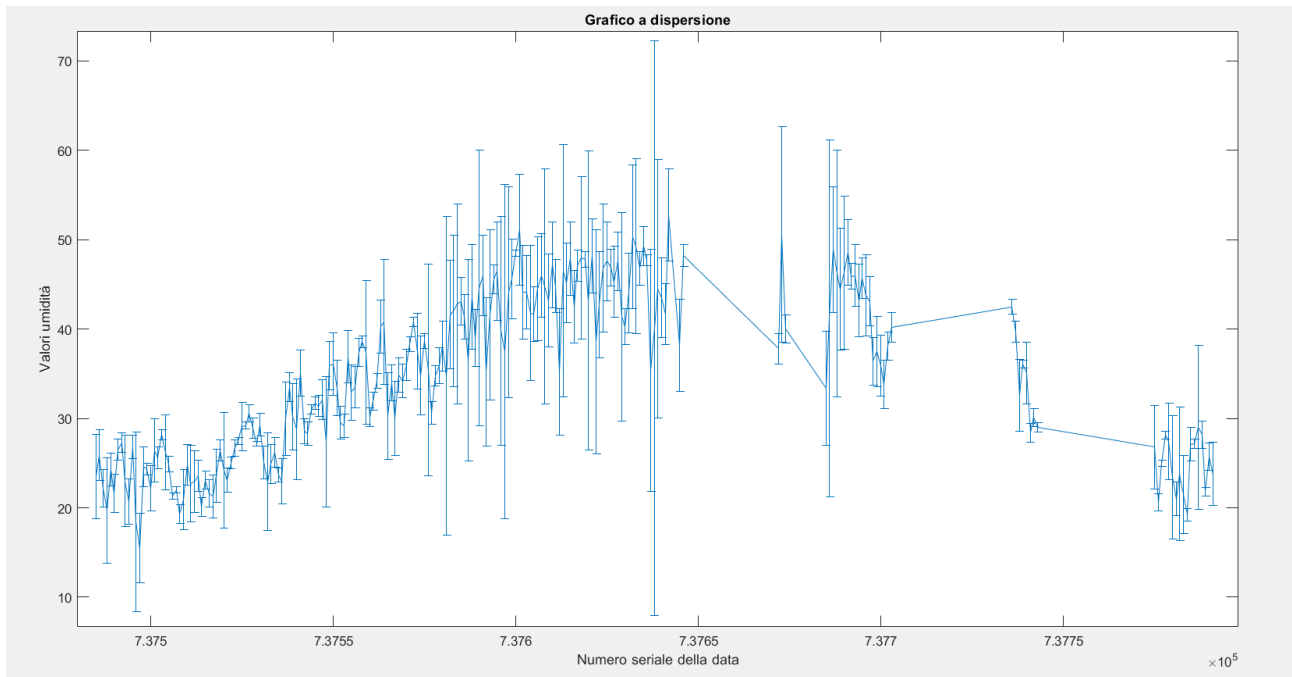
03



**Figura 3.4.4: grafico a dispersione VOC**

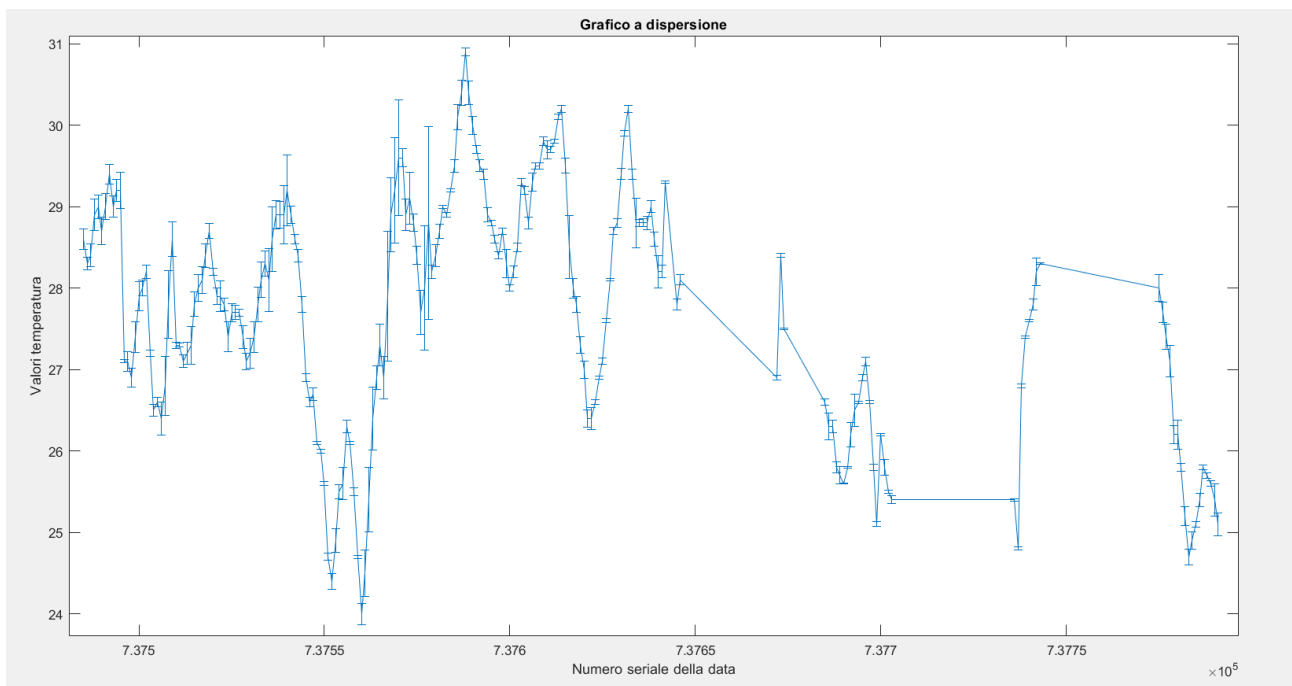
Il sensore 03, nelle rilevazioni, dimostra avere range simili, con valori compresi tra il 22 e il 26. Il valore minimo è registrato nel periodo iniziale dell'analisi ed ha valore 0.004231 mentre quello maggiore è situato nell'ultima parte del periodo in esame ed ha valore 28.78.





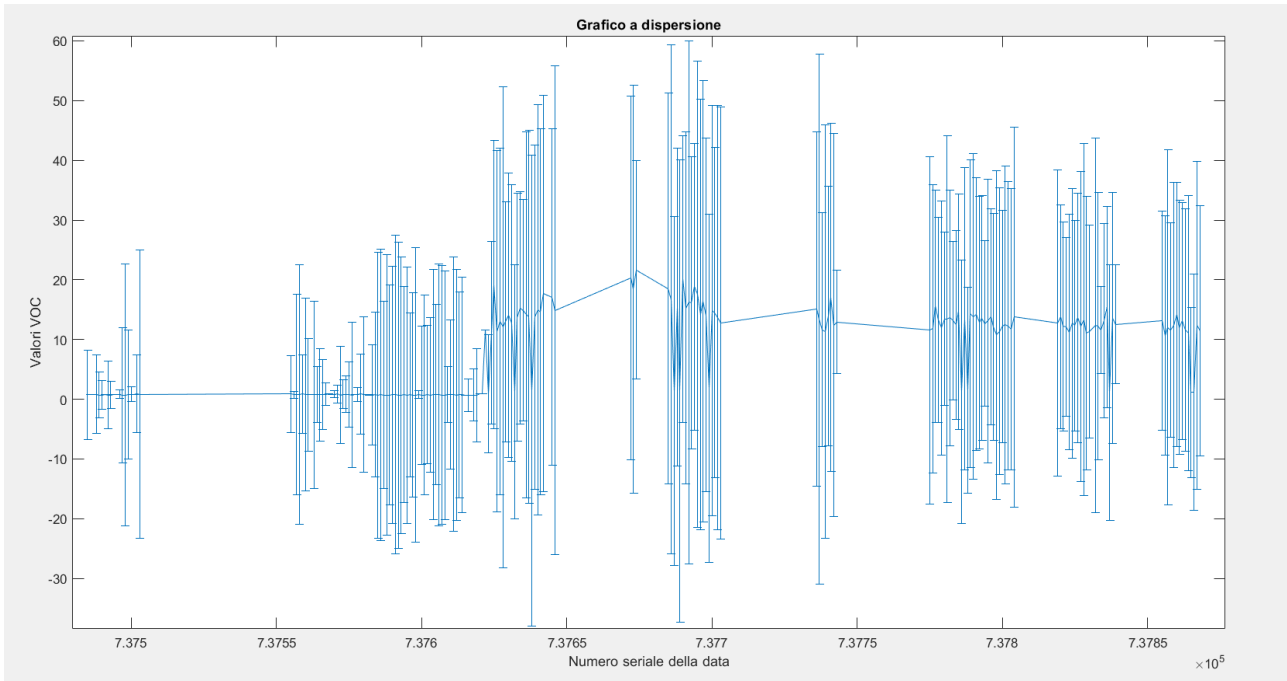
**Figura 3.4.5: grafico a dispersione umidità**

In questo caso, nella prima parte del periodo di rilevazione (da aprile a fine giugno 2019) l'intervallo dei valori di umidità non supera il valore 10. Non si può dire lo stesso nella seconda parte del grafico nella quale i valori assunti dall'intervallo partono da 12.07 fino ad arrivare a 32.18 che corrisponde al valore più alto raggiunto.



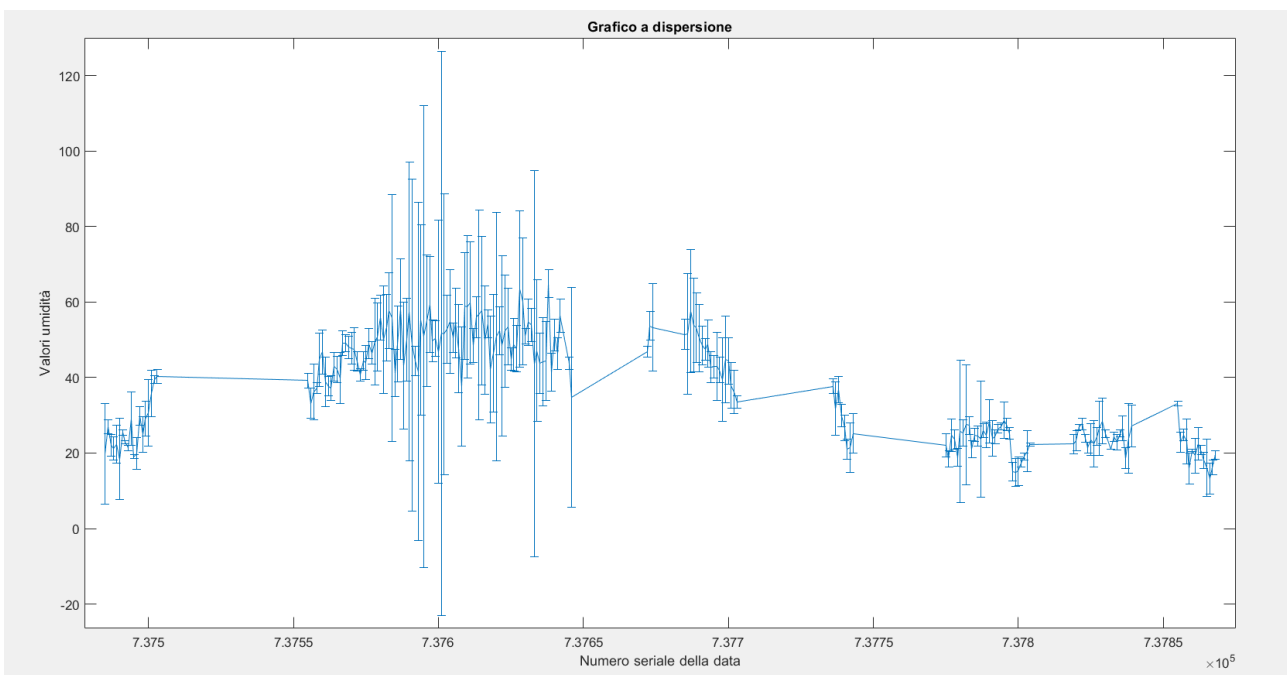
**Figura 3.4.6: grafico a dispersione temperatura**

Così come nel caso del sensore O2 anche in questo grafico la caratteristica più importante è che gli intervalli dei valori sono molto piccoli, all'incirca 0.1°C.



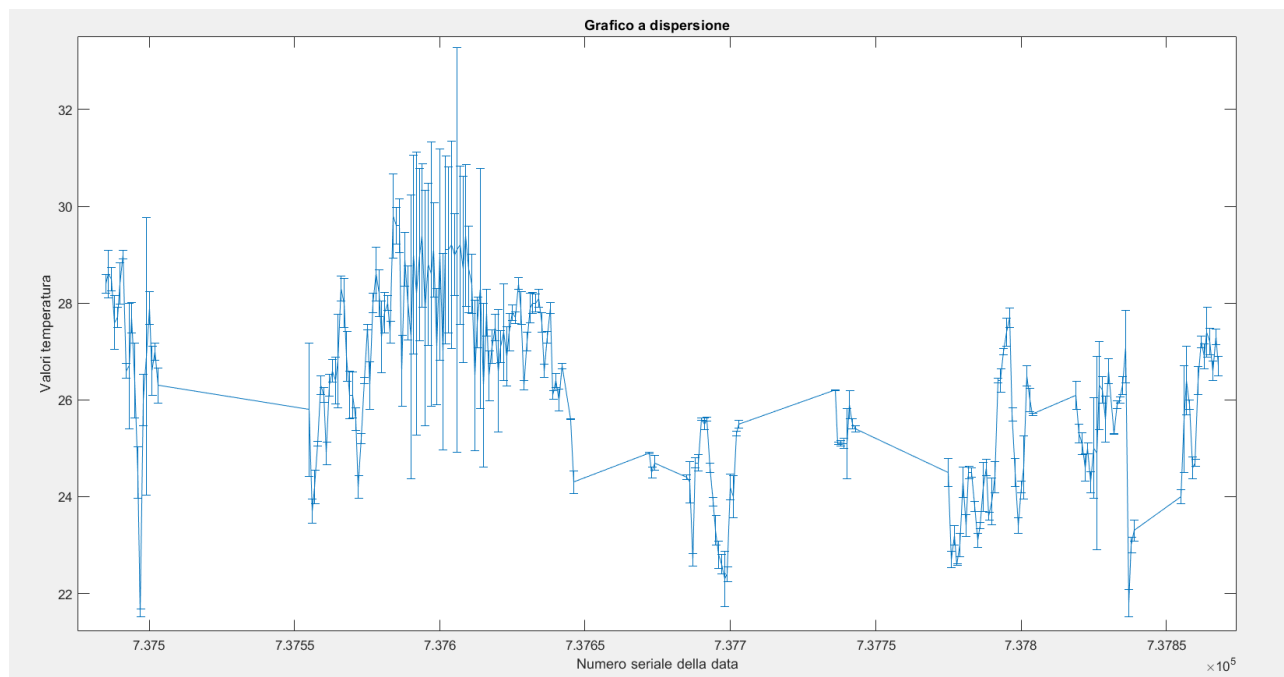
**Figura 3.4.7: grafico a dispersione VOC**

In generale, dalla figura 3.4.7 è possibile notare come i valori rilevati e l'intervallo con cui questi valori differiscono dalla media giornaliera non seguono una tendenza comune: durante le prime rilevazioni ottenute, in cui il livello di VOC è pari a 0.85, il valore dell'intervallo è pari a 0.66. D'altro canto, a ottobre 2019 è stato registrato un valore di VOC alle 08:00 del mattino pari a 13.39; il valore dell'intervallo è di 44.4 unità.



**Figura 3.4.8**

La caratteristica più evidente nella figura 3.4.8 è situato in corrispondenza del numero seriale della 737600, con valore di umidità pari a 51.7 che durante la giornata arriva ad un valore che supera 120 con corrispondente intervallo di differenza pari a 74.75 unità.



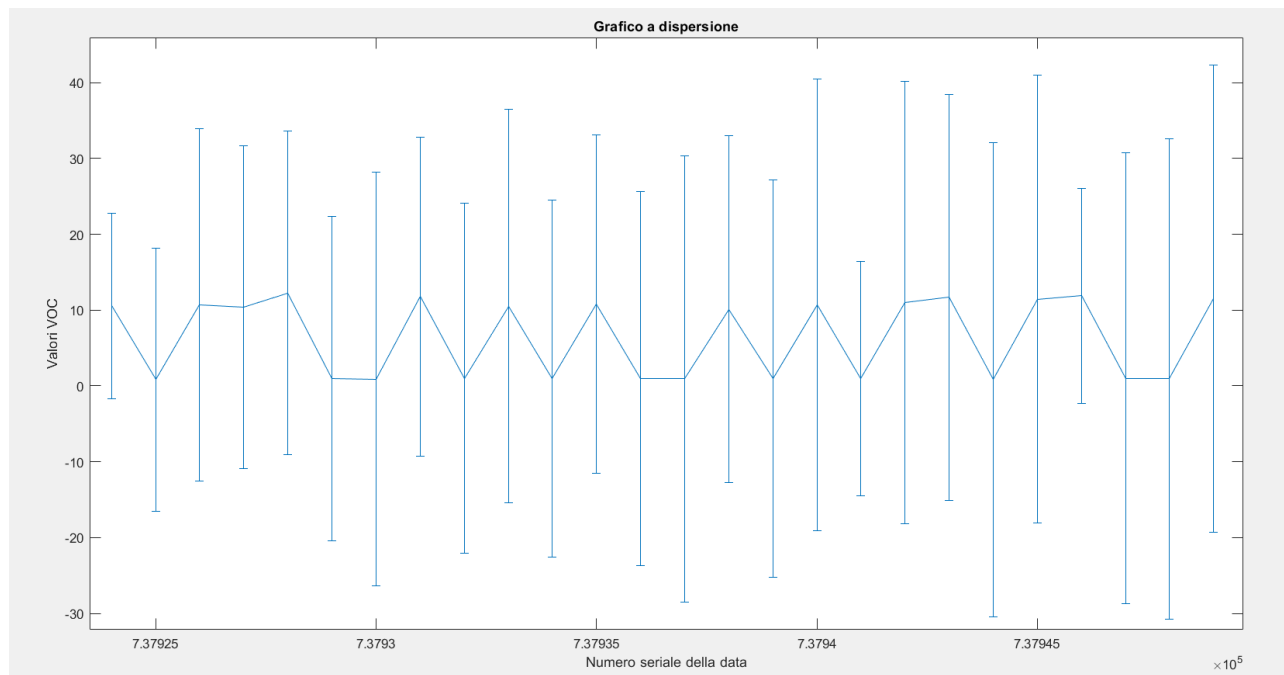
**Figura 3.4.9: grafico a dispersione temperatura**

Contrariamente alle analisi dei due sensori precedenti, nella figura 4.3.9 il range di valori assume valori maggiori di 1. Infatti, in corrispondenza del numero seriale 737600 il valore di temperatura corrispondente a 29.1 °C differisce dalla media di quella giornata di 4.181°C.

### 3.4.2 Dati “dopo COVID-19”

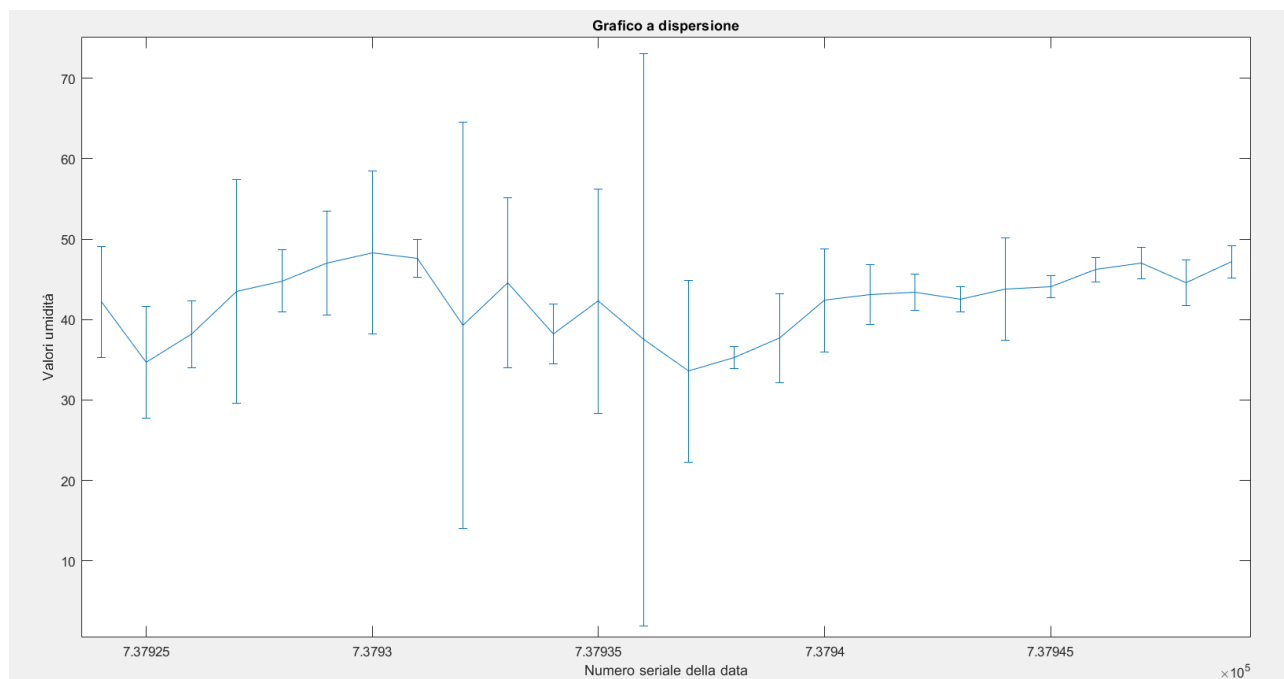
SENSORE

02



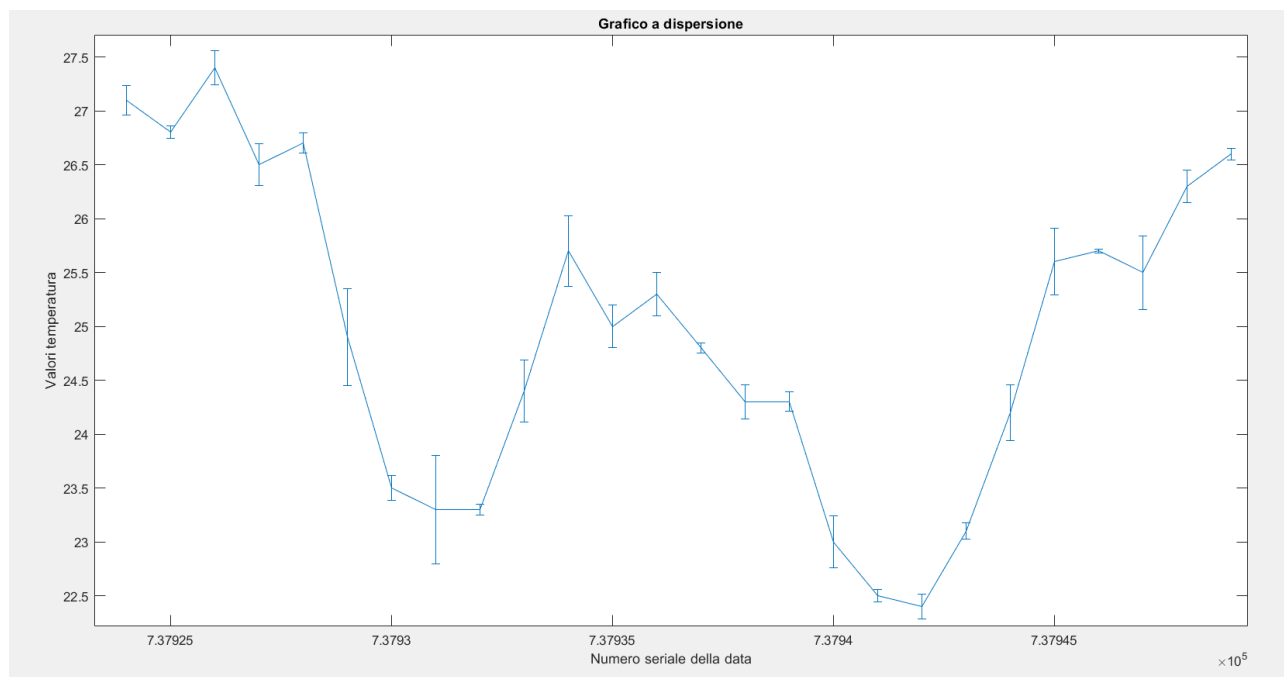
**Figura 3.4.10: grafico a dispersione VOC**

Poiché l'intervallo considerato è piccolo (mese di maggio 2020) è possibile vedere chiaramente gli intervalli. Questi, hanno valore all'incirca costante ed al di sotto di 30. Il primo valore registrato di VOC, pari a 10.56 differisce dal valore medio di 12.25 e risulta essere l'intervallo minimo dell'osservazione.



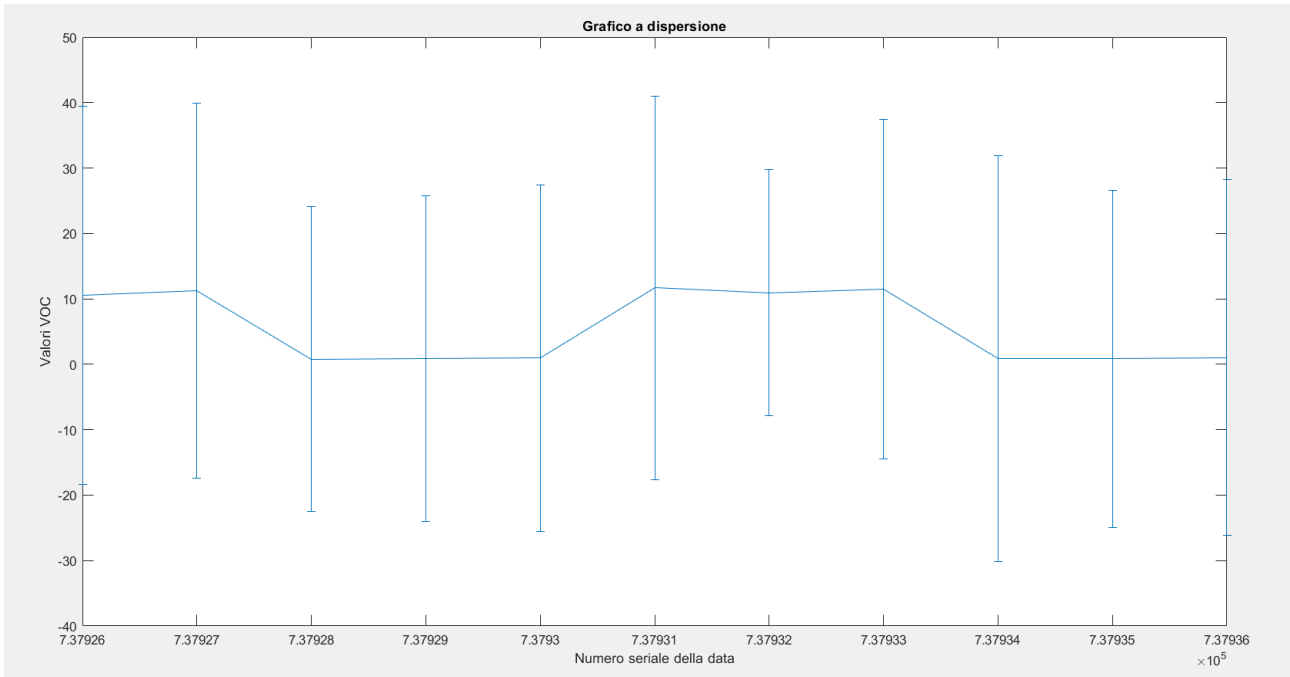
**Figura 3.4.11: grafico a dispersione umidità**

Per quanto riguarda l'umidità, nella prima parte della figura 3.4.11 i valori degli intervalli assumono valore 6.481, 6.87, 6.961. Dalla seconda parte del grafico in poi gli intervalli diminuiscono drasticamente per ottenere valore all'incirca pari a 1.



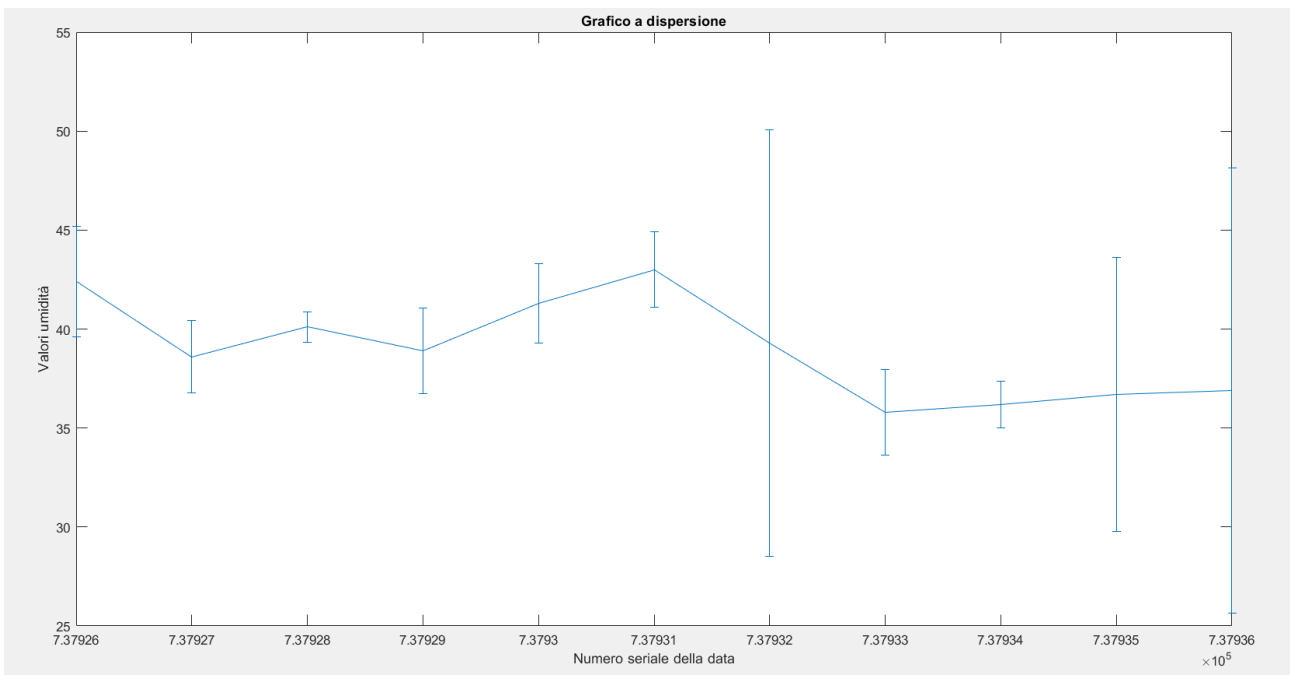
**Figura 3.4.12: grafico a dispersione temperatura**

L'andamento della temperatura, secondo la figura 4.3.12, risulta altamente costante. Di fatti i valori non superano mai 1 con valore minimo pari a 0.01931.



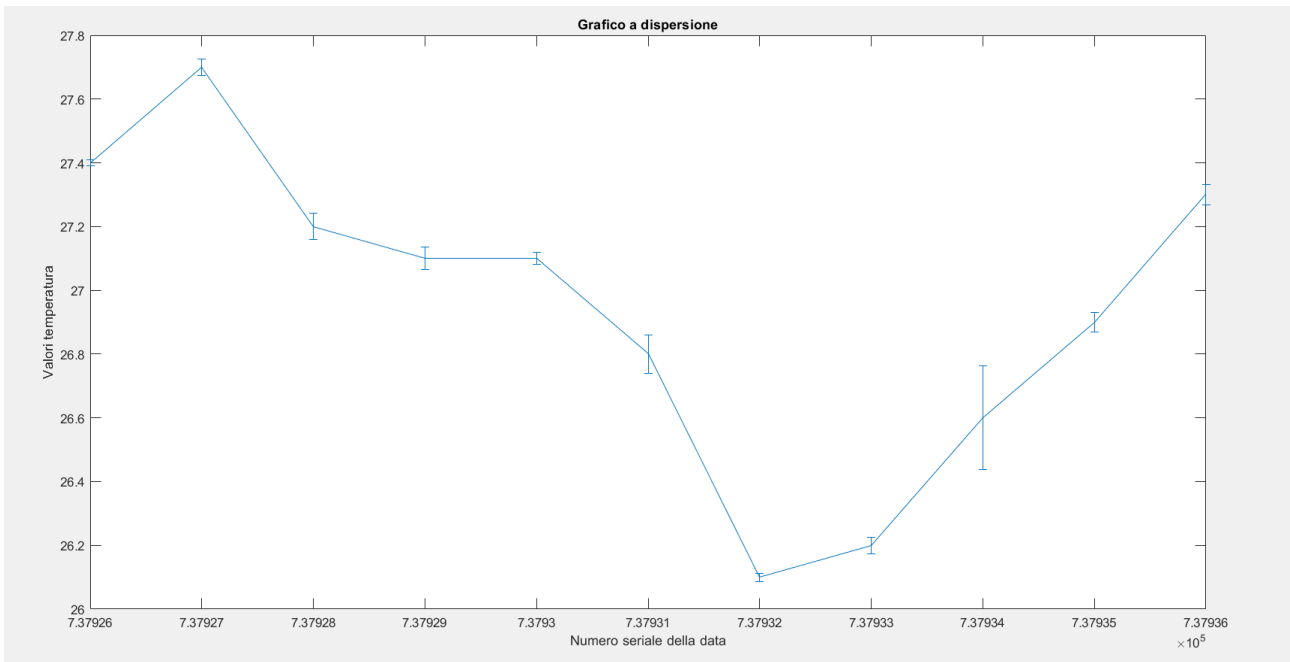
**Figura 3.4.13: grafico a dispersione VOC**

I valori di VOC registrati dal sensore 03 sono regolari e assumono valori vicini allo zero e vicini a dieci (come è possibile osservare dai segmenti orizzontali nella figura 4.3.13). I valori degli intervalli non sono altrettanto regolari e partono da 18.82 (numero seriale 737934) fino al valore massimo pari a 31.03 (numero seriale corrispondente 737900).



**Figura 3.4.14: grafico a dispersione umidità**

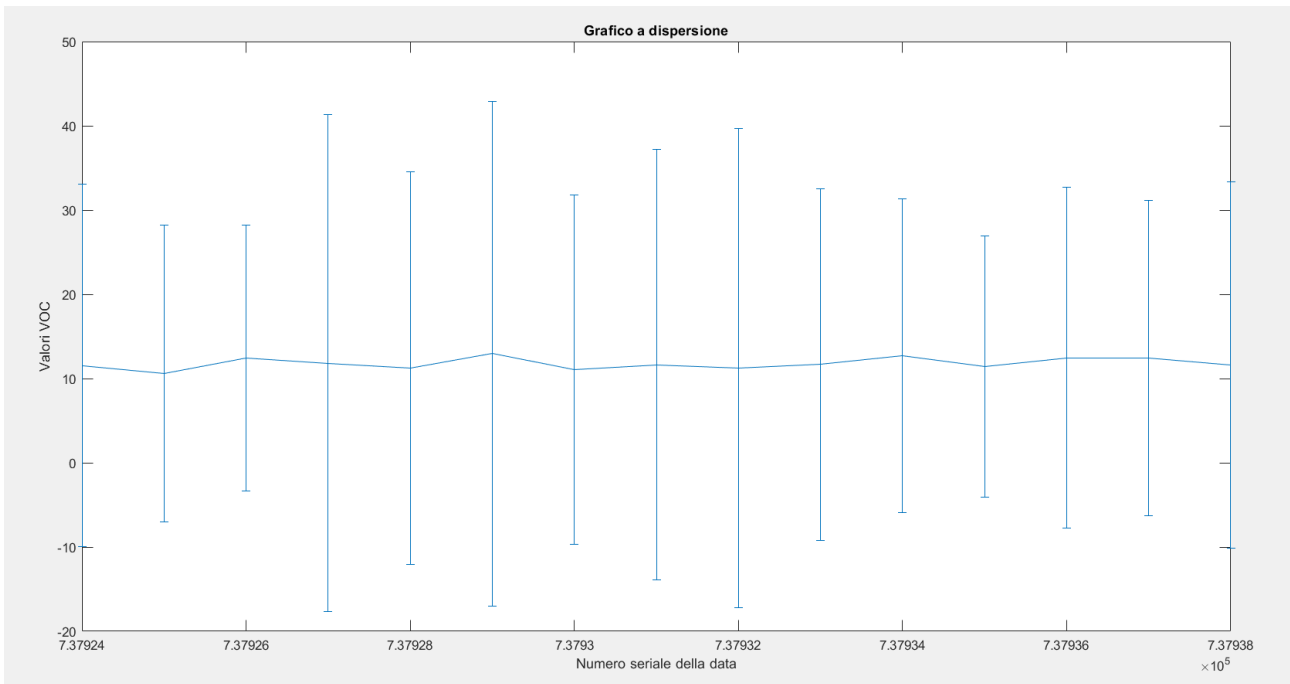
Il delta risultante dalle rilevazioni dei valori di umidità del sensore 03 ha per la maggior parte di esse il valore 2. In corrispondenza del numero seriale 737932, l'umidità è pari a 39.3 ed il delta risulta essere pari a 10.77; quest'ultimo è il valore di intervallo più ampio.



**Figura 3.4.15: grafico a dispersione temperatura**

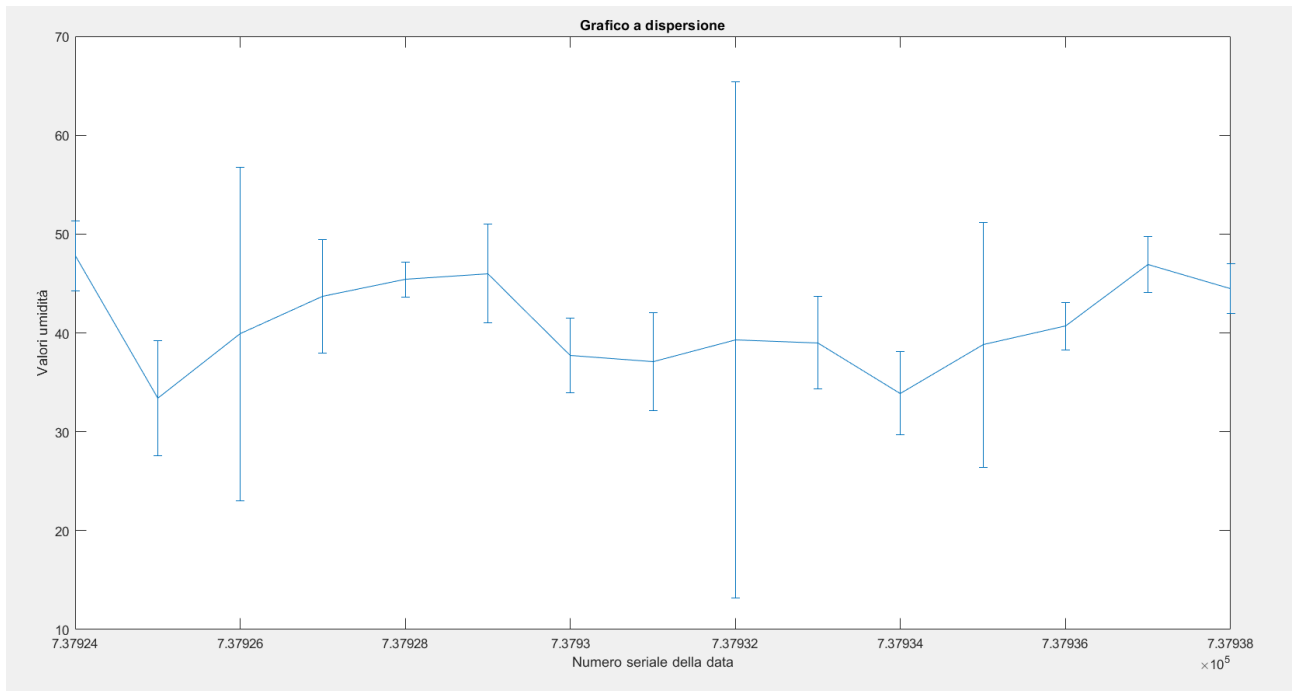
La figura 3.4.15 i valori degli intervalli non sono particolarmente significativi, con valori inferiori a 0.1°C.

**SENSORE**



**Figura 3.4.16: grafico a dispersione VOC**

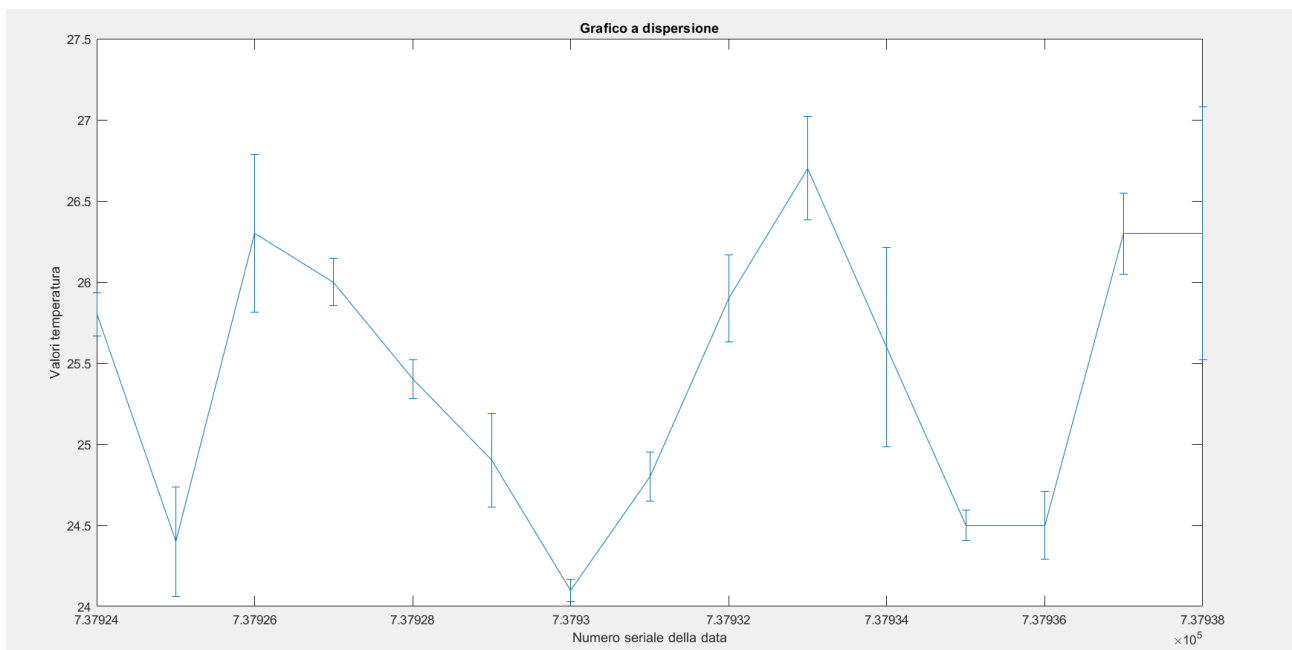
I valori di VOC rappresentati nella figura 3.4.16 rimangono stabili e appena superiori a 10. Questi, differiscono dalla media dei valori di quella stessa giornata di 15 fino a 20 unità.



**Figura 3.4.17: grafico a dispersione umidità**

Per quanto riguarda l'umidità, la variazione di valore minore è pari a 1.8 unità e corrisponde alla rilevazione di umidità corrispondente al numero seriale di data 737928.

Il valore massimo invece è evidente e pari a 26.11.



**Figura 3.4.18: grafico a dispersione temperatura**

Come nel caso dei sensori precedenti, analizzando le variazioni di temperatura non sono stati rilevati intervalli significativi e maggiori di 1.

## 4 CONCLUSIONE

In questa tesi di laurea l'attenzione è stata posta sul confronto dei dati acquisiti dai sensori installati nelle strutture residenziali che aderiscono al progetto OPENCARE in due periodi temporali divisi dall'emergenza sanitaria da Covid-19.

A seguito delle analisi statistiche si può concludere che:

I composti chimici presenti nell'aria che vengono raggruppati sotto il nome di VOC subiscono un aumento di almeno 2 unità considerando i due periodi presi in esame; questo fenomeno può trovare spiegazione nel bisogno di utilizzare prodotti che garantiscono l'igiene, i quali aumentano il livello di ammonio nell'aria.

Anche i valori di umidità e temperatura risultano maggiori rispetto al periodo antecedente la pandemia.

Inoltre, analizzando i risultati ottenuti dai 3 diversi sensori e confrontandoli, si può concludere che nella maggior parte dei casi i valori registrati dai sensori nelle diverse stanze sono simili, con qualche eccezione dovuta probabilmente ad una diversa routine studiata appositamente per la cura dell'ospite della casa di riposo.

Infine, esaminando i confronti dei dati raccolti in una determinata ora (08:00) per tutto il periodo antecedente e successivo al Covid-19, si nota come i valori siano coerenti per tutta la durata dell'analisi; anche in questo caso le eccezioni presenti sono dovute alle stesse motivazioni spiegate in precedenza.



## Bibliografia

1. Gambi E., R. M. (s.d.). *A technological approach to support the care process of older in residential facilities.*
2. Stara V., O. P. (s.d.). *Preliminary analysis of the OPENCARE system architecture in residential facilities.*
3. [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com)
4. <https://it.mathworks.com/help/matlab/ref/datenum.html>