

Análise do efecto da e-consulta no Servizo de Cardioloxía da Área Sanitaria de Santiago de Compostela e Barbanza

Iria Iglesias Gende

Traballo conxunto con Mercedes Conde Amboage e Francisco Reyes Santías

16 de outubro de 2025

1 Introducción

2 O impacto da e-consulta no tempo de vida

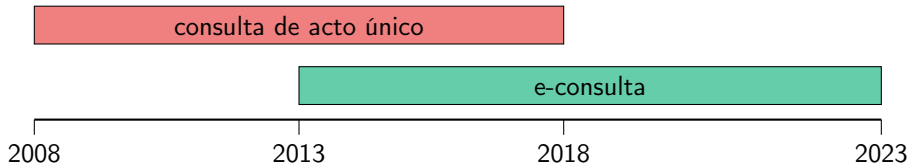
3 Conclusións

1 Introducción

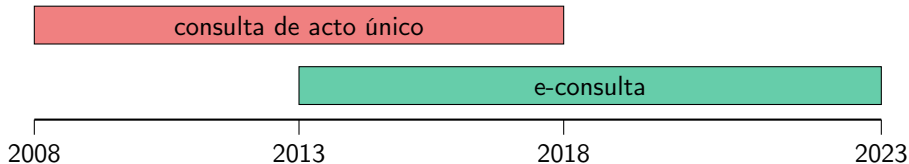
2 O impacto da e-consulta no tempo de vida

3 Conclusións

Introducción



Introdución

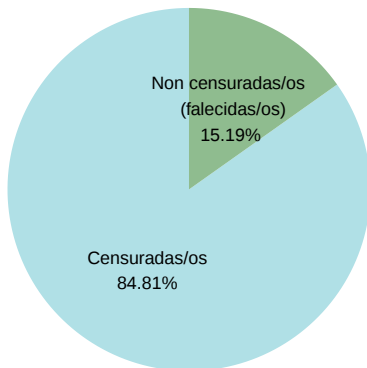


Obxectivos

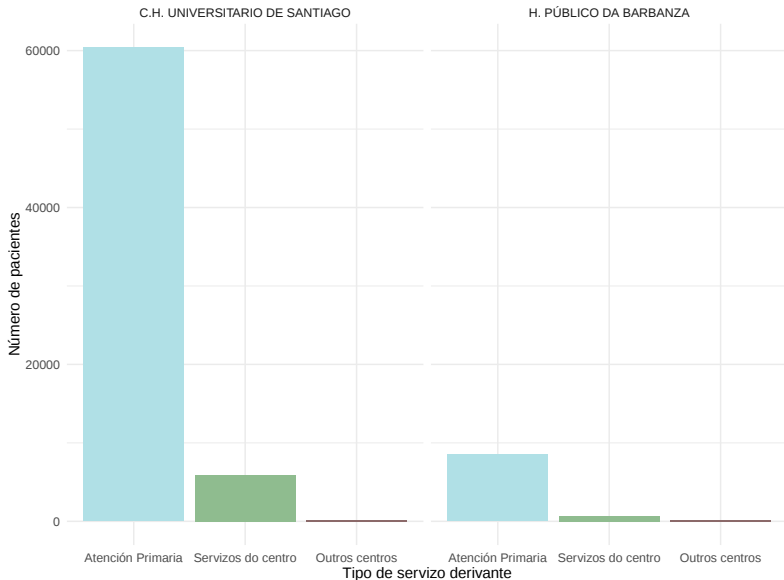
Estudar o impacto da introdución da e-consulta no Servizo de Cardiología da Área Sanitaria de Santiago de Compostela e Barbanza sobre o tempo de vida das/os pacientes derivadas/os a dito servizo.

Base de datos

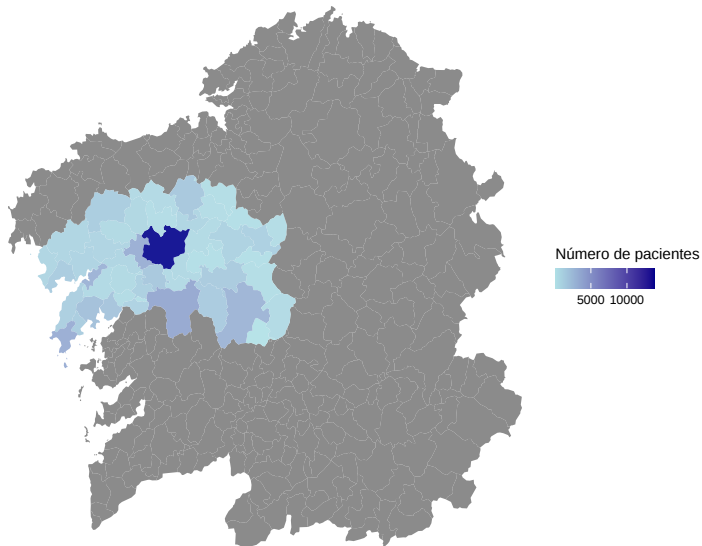
75763 pacientes atendidas/os polo Servizo de Cardioloxía da Área Sanitaria de Santiago de Compostela e Barbanza.



Orixe da/o paciente

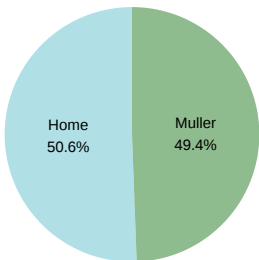


Distribución por concellos

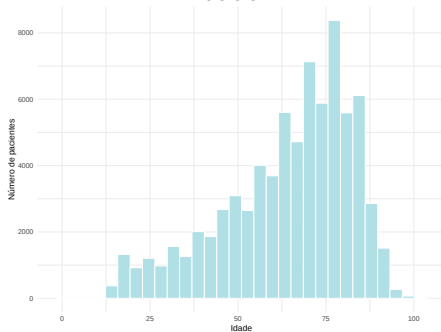


Principais covariáveis

Sexo

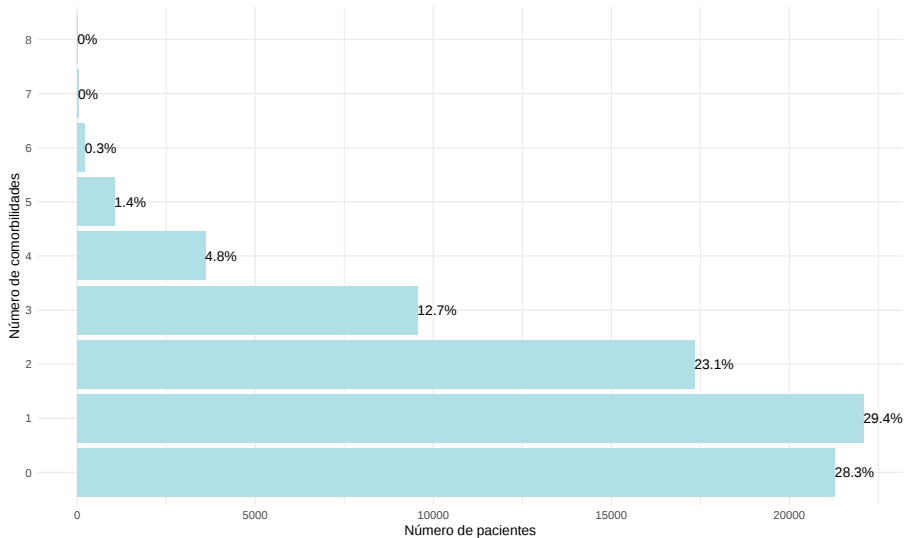


Idade



Principais covariables

Número de comorbilidades

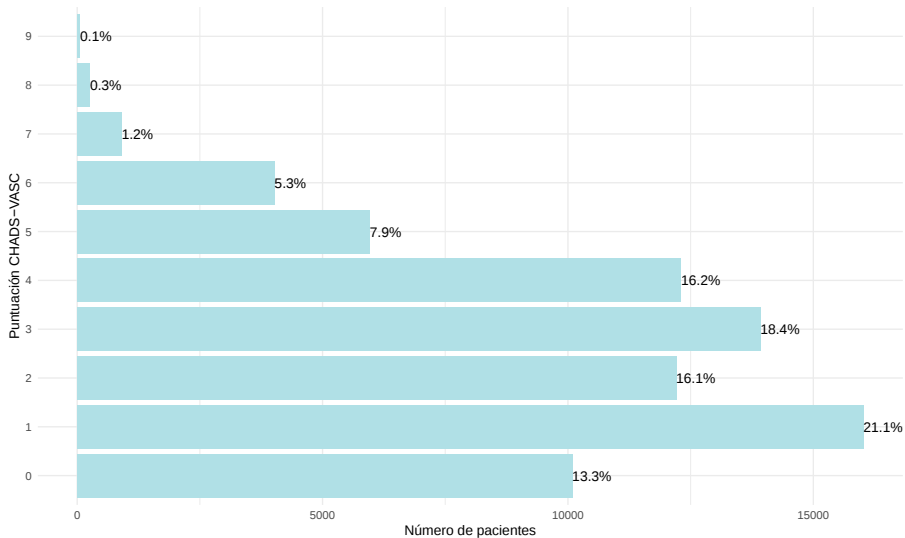


Escala CHADS-VASc

Letra	Condición	Puntos
C	Insuficiencia cardíaca conxestiva	1
H	Hipertensión: presión arterial constantemente por enriba de 140/90 mmHg	1
A	Idade (maior ou igual a 75 anos)	2
D	Diabetes mellitus	1
S	Accidente cerebrovascular, ataque isquémico transitorio ou tromboembolismo	2
V	Enfermidade vascular	1
A	Idade (entre 65 e 74 anos)	1
Sc	Sexo feminino	1

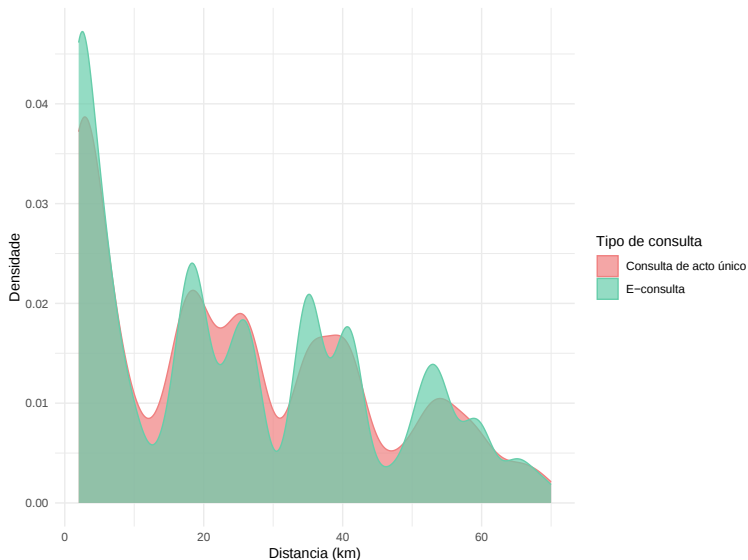
Principais covariables

Escala CHADS-VASc



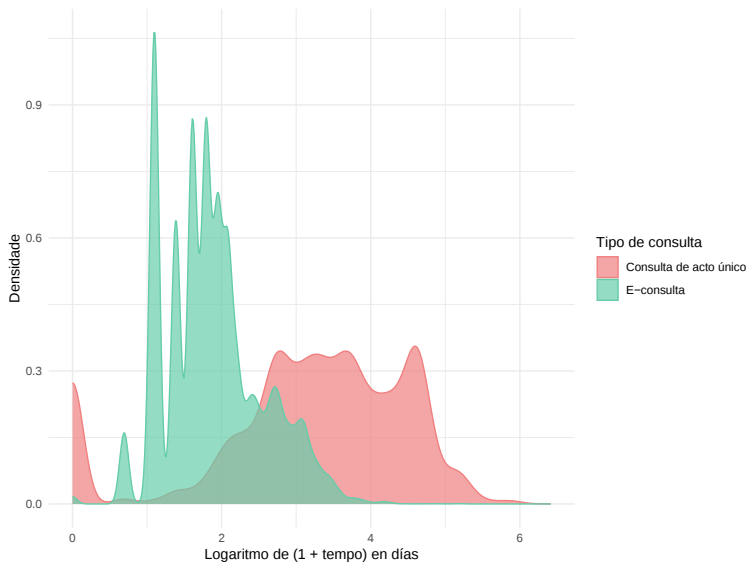
Principais covariables

Distancia ao hospital



Principais covariables

Tempo de demora



1 Introducción

2 O impacto da e-consulta no tempo de vida

3 Conclusións

Rama da Estatística que estuda os tempos de vida (ou de fallo) dun conxunto de individuos.

Características fundamentais:

- **Variable resposta (T):** variable aleatoria non negativa que representa o tempo dende unha orixe ben definida ata a ocorrencia dun certo evento de interese.
- **Censura:** non se coñece o tempo exacto do evento para todos os individuos.

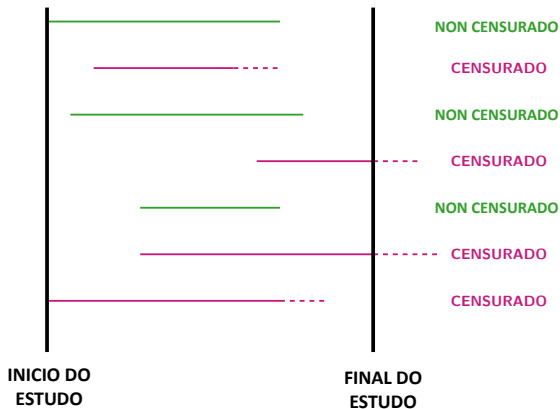
Rama da Estatística que estuda os tempos de vida (ou de fallo) dun conxunto de individuos.

Características fundamentais:

- **Variable resposta (T):** variable aleatoria non negativa que representa o tempo dende unha orixe ben definida ata a ocorrencia dun certo evento de interese.
- **Censura:** non se coñece o tempo exacto do evento para todos os individuos.

Censura pola dereita

Prodúcese cando só se sabe que o evento final excede o valor observado.



Censura pola dereita

Prodúcese cando só se sabe que o evento final excede o valor observado.

Definición

En presenza de censura pola dereita, a mostra observada ten a forma $\{(Z_i, \delta_i)\}_{i=1}^n$ onde:

$$Z_i = \min\{T_i, C_i\}, \quad \delta_i = \mathbb{I}\{T_i \leq C_i\},$$

sendo T_i o tempo de fallo do individuo i , C_i o tempo de censura do individuo i e δ_i unha variable indicadora que vale 0 cando Z_i é un tempo censurado e vale 1 cando Z_i é un tempo de fallo observado. Os valores Z_i representan os valores observados da variable de interese. Ademais, no modelo de censura aleatoria pola dereita asúmese que T_i é independente de C_i para $i = 1, 2, \dots, n$.

Función de supervivencia e función de risco

Definición

A **función de supervivencia**, $S(\cdot)$, representa a probabilidade de sobrevivir ao tempo t . Formalmente vén dada por:

$$S(t) = \mathbb{P}(T > t) = 1 - F(t),$$

onde F é a función de distribución que vén dada por $F(t) = \mathbb{P}(T \leq t)$ con $t \geq 0$.

Definición

A **función de risco** ou **razón de fallo**, $h(\cdot)$, representa a probabilidade de que, se un individuo sobrevive no tempo t , experimente o fallo no instante inmediato despois $[t; t + dt)$. Formalmente, pode escribirse como:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbb{P}(t \leq T < t + \Delta t \mid T \geq t)}{\Delta t}.$$

O estimador de Kaplan-Meier

Definición

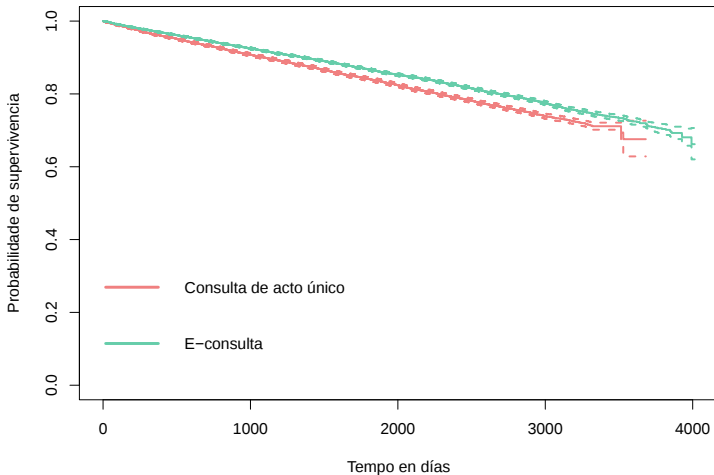
*Dada a mostra $\{(Z_1, \delta_1), \dots, (Z_n, \delta_n)\}$ de datos censurados, o **estimador de Kaplan-Meier** ou estimador límite-produto da función de supervivencia é:*

$$\hat{S}(t) = \prod_{T_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{n_i}\right),$$

onde $T_1 < \dots < T_j$ son os tempos observados da ocorrencia do fallo (é dicir, son os Z_i tales que $\delta_i = 1$), d_i o número de fallos en T_i e n_i o número de individuos que están a risco en T_i , é dicir, que non morreron nin foron censurados antes de T_i .

Estimador de Kaplan-Meier

```
> library(survival)
> km <- survfit(Surv(tempo_supervivencia_seg11, exito_seg11)~factor(e_consulta),
  data=datos)
```



Test log-rank

$$\begin{cases} H_0 : h_1(t) = h_2(t), t \geq 0, \\ H_1 : h_1(t) \neq h_2(t), \text{ para alg\'un } t. \end{cases}$$



```
> survdiff(Surv(tempo_supervivencia_seg11, exito_seg11)~factor(e_consulta),
  data=datos)
Call:
survdiff(formula = Surv(tempo_supervivencia_seg11, exito_seg11) ~
  factor(e_consulta), data = datos)

N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
factor(e_consulta)=0 18053      4392      3928      54.8      86
factor(e_consulta)=1 57710      7117      7581      28.4      86

Chisq= 86 on 1 degrees of freedom, p= <2e-16
```

Definición

*Consideramos unha variable resposta Y e un vector de variables explicativas $X' = (X_1, \dots, X_p)$. Os **modelos aditivos xeneralizados** son da forma:*

$$g(\mu) = \alpha + \sum_{j=1}^p m_j(X_j) = \alpha + m_1(X_1) + m_2(X_2) + \dots + m_p(X_p),$$

onde $\mu = \mathbb{E}[Y|X_1, X_2, \dots, X_p]$, $g(\cdot)$ é a función link que relaciona a media condicional cunha función aditiva dos preditores e m_j son as funcións que modelan o efecto de cada variable explicativa.

- Función *link* identidade: $g(\mu) = \mu$.
- Estimación das funcións suavizadas mediante *P-splines*.
- Criterio de selección do parámetro de suavizado: validación cruzada xeneralizada (GCV).

Modelos aditivos xeneralizados con pesos Kaplan-Meier

Proposta de [Orbe e Virto (2018)].

Consideramos o modelo GAM:

$$Y_i = \alpha + \sum_{j=1}^p m_j(X_{ij}) + \varepsilon,$$

onde $Y_i = \log(T_i)$ é o logaritmo do tempo de supervivencia do individuo i .

Expresión de mínimos cadrados ponderada:

$$\sum_{i=1}^n W_i \left[Z_i - \sum_{k=1}^{h+m} \beta_k B_k X_i \right]^2,$$

onde $Z_1, \dots, Z_n$ son os tempos observados ordenados, X_i a covariable correspondente a Z_i e W_i os pesos Kaplan-Meier asociados:

$$W_i = \frac{\delta_i}{n - i + 1} \prod_{k=1}^{i-1} \left[1 - \frac{\delta_k}{n - k + 1} \right].$$



Orbe J. e Virto, J. (2018). Penalized spline smoothing using Kaplan-Meier weights with censored data. *Biometrical Journal*, 60(5), 947-961.

Modelos aditivos xeneralizados con pesos Kaplan-Meier

Proposta de [Orbe e Virto (2018)].

Consideramos o modelo GAM:

$$Y_i = \alpha + \sum_{j=1}^p m_j(X_{ij}) + \varepsilon,$$

onde $Y_i = \log(T_i)$ é o logaritmo do tempo de supervivencia do individuo i .

Expresión de mínimos cadrados ponderada:

$$\sum_{i=1}^n W_i \left[Z_i - \sum_{k=1}^{h+m} \beta_k B_k X_i \right]^2,$$

onde $Z_1, \dots, Z_n$ son os tempos observados ordenados, X_i a covariable correspondente a Z_i e W_i os pesos Kaplan-Meier asociados:

$$W_i = \frac{\delta_i}{n - i + 1} \prod_{k=1}^{i-1} \left[1 - \frac{\delta_k}{n - k + 1} \right].$$



Orbe J. e Virto, J. (2018). Penalized spline smoothing using Kaplan-Meier weights with censored data. *Biometrical Journal*, 60(5), 947-961.

Tempo de supervivencia

$$\log(T) = \beta_0 + \beta_1 \text{sexo} + \beta_2 e_consulta + m_1(\text{idade}) + m_2(n_comorbilidades) + m_3(\text{tempo_demora}) + m_4(\text{chads_vasc}) + m_5(\text{distancia_hospital}) * e_consulta + \varepsilon.$$



```
> library(condSURV)
> pesos_KM <- KMW(datos$tempo_supervivencia_seg11, datos$exito_seg11)

> library(mgcv)
> gam_SV <- gam(log(tempo_supervivencia_seg11) ~ factor(sexo) +
  s(idade, bs = "ps") + factor(e_consulta) +
  s(n_comorbilidades, k = 4, bs = "ps") + s(tempo_demora, bs = "ps") +
  s(chads_vasc, bs = "ps") + s(distancia_hospital,
  by = factor(e_consulta), bs = "ps"), data = datos, weights = pesos_KM)
```

Tempo de supervivencia

```
> summary(gam_SV)
Family: gaussian
Link function: identity

Parametric coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)          7.20048    0.04167 172.818 < 2e-16 ***
factor(sexo)2         0.09089    0.02356   3.859 0.000114 ***
factor(e_consulta)1   0.20385    0.03390   6.013 1.83e-09 ***

Approximate significance of smooth terms:
edf Ref.df      F p-value
s(idade)                4.088   4.682 156.185 <2e-16 ***
s(n_comorbilidades)    1.302   1.517  83.750 <2e-16 ***
s(tempo_demora)         4.244   4.875  27.016 <2e-16 ***
s(chads_vasc)           5.941   6.646   6.716 <2e-16 ***
s(distancia_hospital):factor(e_consulta)0 1.000   1.000   4.621 0.0316 *
s(distancia_hospital):factor(e_consulta)1 8.621   8.914  69.168 <2e-16 ***

R-sq.(adj) = 0.185    Deviance explained = 19.3%
GCV = 2.4968e-05    Scale est. = 2.4891e-05    n = 68453
```

- Deviance explicada do 19.3%.
- $e^{0.0909} = 1.0951$.
- $e^{0.2039} = 1.2261$.

Representación da estimación dos efectos non paramétricos:

- Función `smooth_estimates` dispoñible na librería `gratia` de .
- Intervalos de confianza:

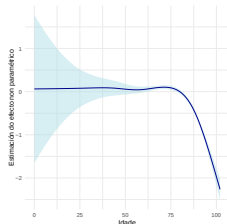
$$\hat{m}(X_j) \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \text{SE}(\hat{m}(X_j)),$$

onde $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ denota o cuantil $1 - \frac{\alpha}{2}$ dunha normal estándar e $\text{SE}(\hat{m}(X_j))$ é o erro estándar estimado. Dito erro defínese como:

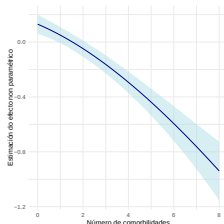
$$\text{SE}(\hat{m}(X_j)) = \sqrt{\text{Var}(\hat{m}(X_j))} = \sqrt{C_j V_{\hat{\beta}} C_j'},$$

onde C_j é o vector fila da matriz de deseño para o suavizado escollido e $V_{\hat{\beta}}$ a matriz de covarianzas dos coeficientes estimados.

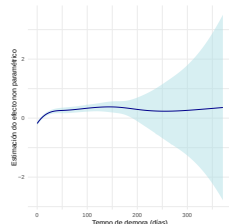
Tempo de supervivencia



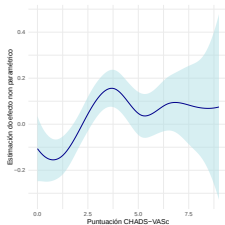
Efecto da idade.



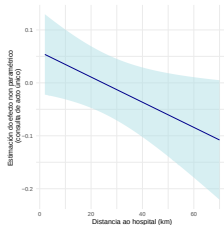
Efecto do número de comorbilidades.



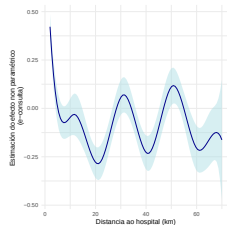
Efecto do tempo de demora.



Efecto da puntuación CHADS-VASc.



Efecto da distancia ao hospital para as consultas de acto único.



Efecto da distancia ao hospital para as e-consultas.

1 Introducción

2 O impacto da e-consulta no tempo de vida

3 Conclusións

Conclusións

Obsérvase unha asociación positiva entre a presenza da e-consulta e un maior tempo de vida das/os pacientes.

Conclusións

Obsérvase unha asociación positiva entre a presenza da e-consulta e un maior tempo de vida das/os pacientes.

A implantación da e-consulta mellora a accesibilidade ao sistema sanitario galego.

- Reduce significativamente os tempos de espera.
- Reduce significativamente o número de visitas a urxencias por causas atribuíbles ao Servizo de Cardiología.
- Reduce significativamente o número de consultas posteriores por causas asociadas ao Servizo de Cardiología.

Análise do efecto da e-consulta no Servizo de Cardioloxía da Área Sanitaria de Santiago de Compostela e Barbanza

Iria Iglesias Gende

✉ iria.iglesias@biostatech.com

